

**INDICADORES DE DEGRADAÇÃO DE CURSOS D'
ÁGUA EM ÁREAS URBANAS**

Maurício David de Freitas Filho

Orientador: Cesar Augusto Pompêo

2010/1



**Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**

**INDICADORES DE DEGRADAÇÃO DE CURSOS D' ÁGUA EM
ÁREAS URBANAS**

Maurício David de Freitas Filho

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Professor Doutor Cesar Augusto Pompêo**

**FLORIANÓPOLIS – SC
AGOSTO/2010**

Freitas Filho, Maurício David de
Indicadores de Degradação de Cursos d' água em Áreas
Urbanas.

Maurício David de Freitas Filho – Florianópolis, 2010.
x, 125f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Título em inglês: Indicators of degradation of water courses
in urban areas.

1. Indicadores. 2. Degradação de cursos d' água urbanos. 3. Método
Delphi.

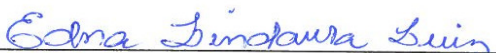
**CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

**INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM CURSOS D' ÁGUA EM
ÁREAS URBANAS**

MAURÍCIO DAVID DE FREITAS FILHO

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos
requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental – TCC II**

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Edna Lindaaura Luiz, Dra.



Prof. Daniel José da Silva, Dr.



**Prof. Cesar Augusto Pompêo, Dr.
(Orientador)**

**FLORIANÓPOLIS - SC
AGOSTO/2010**

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais Maria Quitéria Fernandes de Freitas e Maurício David de Freitas e irmãos, pelo apoio, compreensão e dedicação em todos os sentidos ao longo dos anos em que estive longe. Sou eternamente grato a vocês.

Da mesma forma, à minha namorada Mariáh Brandalise Baril, pelo companheirismo e carinho e pela ajuda no decorrer do trabalho.

Ao meu orientador, Professor Cesar Augusto Pompêo, pela dedicação em dar os nortes à este trabalho, se mostrando sempre disponível e atencioso em me auxiliar, e pela grande contribuição à minha formação pessoal e acadêmica. Tenho por você uma grande admiração e gratidão.

Ao amigo Daniel Henriques Neto, por esse e outros tantos trabalhos realizados em conjunto e à Cláudia Pereira e Maylin Gonçalves também amigas e companheiras do grupo do NEA.

Aos especialistas que contribuíram no desenvolvimento do trabalho, pela ajuda e pela agregação de conhecimentos ao trabalho.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos. Serei sempre grato.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificativa	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Indicadores	4
2.1.1 Histórico dos Indicadores Ambientais.....	4
2.1.2 Definição de Indicadores Ambientais.....	6
2.1.3 Classificação dos Indicadores Ambientais.....	7
2.1.4 Critérios de seleção de Indicadores Ambientais	9
2.2 Método Delphi.....	11
2.2.1 Aplicações do Método.....	13
2.2.2 Vantagens e Desvantagens do Método Delphi	13
2.3 Urbanização e seus impactos na degradação ambiental dos cursos d'água.....	14
2.4 Principais Formas de Degradação em Cursos d' Água Urbanos.....	17
2.4.1 Modificações nos Cursos d'Água.....	17
2.4.2 Impactos da Urbanização sobre as Mata Ciliares.....	19
2.4.3 Erosão e Assoreamento e seus Impactos.....	24
2.4.4 Impactos da Poluição sobre os Cursos d' Água	27
2.5 Legislações Referentes aos Cursos d' Água.....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Origem do trabalho	31
3.2 Construção dos Indicadores	31
3.2.1 Adoção do Marco Ordenador.....	32
3.2.2 Critérios utilizados para a proposição de indicadores	33
3.2.3 Proposição dos indicadores iniciais	33

3.3	Aplicação do Método Delphi para Avaliação dos Indicadores	35
3.3.1	Seleção dos participantes	38
3.3.2	Etapas da aplicação do Método Delphi	38
3.3.3	Análise e moderação do método.....	38
3.4	Método para avaliação dos cursos d'água urbanos utilizando os indicadores e parâmetros propostos.....	39
3.4.1	Análise do indicador "Mata Ciliar"	39
3.4.2	Análise do indicador "Erosão e Assoreamento"	41
3.4.3	Análise do indicador "Modificações no Curso d'Água"	44
3.4.4	Análise do Indicador "Poluição"	48
3.4.5	Análise do indicador "Edificações"	52
3.5	Ficha de caracterização do estado de degradação de cursos d'água urbanos.....	53
3.6	Aglutinação dos indicadores e parâmetros	55
3.7	Aplicação da metodologia para o estudo de caso	56
3.7.1	Definição do local de estudo	56
3.7.2	Descrição do local de estudo.....	56
3.7.3	Definição dos trechos	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
4.1	Resultados e discussões do Método Delphi	66
4.2	Resultados e discussões da aplicação dos indicadores e parâmetros no Estudo de caso do Rio do Meio	73
4.2.1	Caracterização do Trecho 1	74
4.2.2	Caracterização do Trecho 2	78
4.2.3	Caracterização do Trecho 3	82
4.3	Resultados e discussões finais da caracterização do Rio do Meio	87
5	CONCLUSÃO.....	92
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	APÊNDICES.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fluxograma dos indicadores ambientais da OCDE.....	9
Figura 2.2 - Relação entra área impermeável e densidade.....	17
Figura 2.3 - Influências da vegetação ripária sobre os cursos d’ água e seu entorno.	22
Figura 3.1 - Fluxograma metodológico do presente trabalho.....	32
Figura 3.2 - Fluxograma do método delphi desenvolvido no trabalho.....	37
Figura 3.3 - Localização da área de estudo	58
Figura 3.4 - Bacia Hidrográfica do Rio do Meio	59
Figura 3.5 - Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio do Meio	61
Figura 3.6 - Perfil longitudinal do Rio do Meio no trecho superior.....	62
Figura 3.7 - Uso e ocupação do solo para o trecho superior da bacia do Rio do Meio	63
Figura 3.8 - Foto Aérea do Local de Estudo.....	64
Figura 4.1 - Média dos indicadores obtidos pelo método Delphi	68
Figura 4.2 - Média dos parâmetros do indicador “Poluição”	70
Figura 4.3 - Média dos parâmetros do indicador “Edificações”	70
Figura 4.4 - Média do indicador “Mata Ciliar”.	70
Figura 4.5 - Média do indicador “Modificações do Curso d’ Água”.	70
Figura 4.6 - Média dos parâmetros do indicador “Erosão e Assoreamento”	71
Figura 4.7 - Fotografia da vegetação natural do trecho 1.....	77
Figura 4.8 - Fotografia da vegetação natural das margens do trecho 1 com ausência de pontos de erosão.....	77
Figura 4.9 – Fotografia aérea de uma parte do trecho 1 e a delimitação da aérea de 30 metros do curso d’ água.....	77
Figura 4.10 - Fotografia aérea do trecho 2 e os polígonos entorno da vegetação ciliar	81
Figura 4.11 - Fotografia da vegetação margem esquerda	81
Figura 4.12 - Fotografia da vegetação considerada exótica.....	81
Figura 4.13 - Fotografia aérea do trecho 2.....	85
Figura 4.14 - Fotografia da vegetação.....	86
Figura 4.15 - Fotografia do trecho retificado com diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos.	86
Figura 4.16 - Fotografia do lançamento de efluentes domésticos no trecho 3.	86

Figura 4.17 - Fotografia demonstrando um dos diversos locais com grande quantidade de resíduos.	86
Figura 4.18 - Despejo de resíduos de diversas atividades a menos 1 metro do curso d' água.	87
Figura 4.19 - Trecho totalmente obstruídos por resíduos e outros sedimentos, próximo a rotatória.	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Evolução Histórica dos Indicadores Ambientais	6
Tabela 2.2 – Tipos de Indicadores Ambientais	7
Tabela 2.3 - Crescimento da População Brasileira e a Parcela da População Urbana	16
Tabela 2.4 - Áreas de preservação no entorno dos cursos d' água	30
Tabela 3.1 - Indicadores e parâmetros de degradação	33
Tabela 3.2 – Impactos da remoção da Mata Ciliar	40
Tabela 3.3 - Impactos da substituição total ou parcial da vegetação natural	41
Tabela 3.4 - Impactos dos pontos de erosão a margem	42
Tabela 3.5 - Impacto da presença de sedimento das margens ..	43
Tabela 3.6 - Impactos do assoreamento sobre o fluxo d' água ..	43
Tabela 3.7 - Impacto relativo a retificação dos lados ou fundo do curso d' água	44
Tabela 3.8 - Impactos do revestimento no curso d' água	45
Tabela 3.9 - Impactos da canalização dos trechos	46
Tabela 3.10 - Impacto das modificações dos meandros	47
Tabela 3.11 - Impacto da retirada de água sem modificação do curso d' água	47
Tabela 3.12 - Impacto da retirada de água com modificação estrutural do curso d' água	48
Tabela 3.13 - Impactos de pontes, travessias inadequadas e outras obras similares sobre o curso d' água	48
Tabela 3.14 - Impacto dos resíduos depositados nas margens do curso d' água	49
Tabela 3.15 - Impactos do lançamento dos efluentes	50
Tabela 3.16 - Limites de coliformes no curso d' água	51
Tabela 3.17 - Impacto do lançamento de água pluvial	52
Tabela 3.18 - Impactos da impermeabilização por edificações ..	52
Tabela 3.19 - Impactos da impermeabilização causada por áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública	53
Tabela 3.20 – Ficha de Caracterização da degradação	54
Tabela 3.21 - Extensão dos trechos	65
Tabela 4.1 - Resultados das Etapas do Método Delphi	67

Tabela 4.2 - Resultados finais do Método Delphi.....	72
Tabela 4.3 – Ficha de Caracterização do trecho 1.....	75
Tabela 4.4 – Caracterização do trecho 2	79
Tabela 4.5 – Caracterização do trecho 3	83
Tabela 4.6 - Impactos da degradação do trecho 1 do Rio do Meio	88
Tabela 4.7 - Impactos da degradação do trecho 2 do Rio do Meio	88
Tabela 4.8 - Impactos da degradação do trecho 3 do Rio do Meio	90
Tabela 4.9 - Impacto geral de degradação nos trechos	91

RESUMO

A intensa urbanização e a ausência de planejamento acarretam uma série de impactos ao meio ambiente, principalmente sobre os recursos hídricos. O presente trabalho caracterizou as principais formas de degradação de cursos d'água em áreas urbanas e propôs indicadores e parâmetros para qualificar e quantificar os conflitos relacionados à essa degradação. Para a proposição dos indicadores e parâmetros foram definidos critérios prévios e específicos aos objetivos do trabalho, tendo sido também adotado o marco ordenador “Pressão Estado Resposta” para auxiliar na seleção dos indicadores. Após serem estabelecidos os indicadores e parâmetros iniciais utilizou-se a Metodologia Delphi para avaliar a pertinência de uso dos mesmos e estabelecer seus respectivos pesos. O método foi realizado com a aplicação de sucessivos questionários a um conjunto de especialistas pré-selecionados, a fim de obter um consenso de opiniões sobre o grau de importância relativa entre esses indicadores e parâmetros. Essa hierarquização dos impactos das modificações nos cursos d'água tem como objetivo fornecer subsídios para tomada de decisão e na elaboração e monitoramento de políticas que visam à proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente. A metodologia desenvolvida para avaliação dos indicadores se mostrou eficiente, sensível e de fácil aplicação, evidenciando no Estudo de Caso do Rio do Meio os trechos com maior degradação.

Palavras-chave: indicadores; degradação de cursos d'água urbanos; método delphi.

ABSTRACT

The intensive urbanization and lack of planning cause a set of impacts to the environment, especially to the water resources. The present academic work characterizes the main forms of water flows degradation in urban areas and proposes indicators and parameters to qualify and quantify the conflicts related to this degradation. To the proposition of indicators and parameters previous criteria were defined and specific to the target of this work, were also adopted the landmark ordering “Pression Estate Answer” to help in the selection of indicators. After being established the initial indicators and parameters the Delphi’s methodology was used to rate the relevance of usage and establishing your respective burdens. The method was accomplished with the application of successive questionnaires to a group of pre-selected experts, to obtain a consensus of views on the degree of relative importance between these indicators and parameters. This hierarchy of impacts of modifications in water flows is aiming to providing subsidies for decision making and to formulating and monitoring policies who aimed the protection of water resources and environment. The developed methodology to evaluation of the indicators seems efficient, sensitive and easily applicable, showing on the Meio’s River case study the most degraded stretches.

Palavras-chave: indicators; urban water flows degradation; delphi’s method.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O processo de urbanização nas grandes cidades tem sido bastante acelerado, principalmente após a Segunda Guerra Mundial. As cidades passaram a crescer de forma desordenada e a concentração da população em áreas urbanas resultou em aumento da desigualdade, disputas pelos espaços urbanos, conflitos sociais e degradação do meio ambiente.

O Brasil vem passando por um processo de urbanização desenfreada, bem como de concentração da população e das atividades econômicas sobre o mesmo espaço, o que tem causado pressões sobre o meio ambiente com conseqüente alteração da qualidade ambiental, em virtude do modelo de desenvolvimento adotado.

Esta grande urbanização tem contribuído para o aumento da concentração da miséria e para a degradação do meio ambiente, afetando também a qualidade de vida da população. A ausência de um planejamento adequado contribuiu para o surgimento de sérios problemas ambientais, tais como a poluição do ar e das águas, enchentes, erosões e deslizamentos, supressão da cobertura vegetal, causando conseqüências desastrosas ao dia a dia da população.

Dentre os recursos naturais, a água requer especial atenção pelo seu papel relevante em quase todos os domínios da atividade humana e pela sua importância na preservação do meio ambiente. Os recursos hídricos são partilhados por praticamente todos os setores de atividades econômicas e constituem fator de desenvolvimento disponível em quantidade e qualidade suficiente, ou de limitação, se não o estão.

No contexto da urbanização, um dos principais problemas verificados é justamente a degradação dos recursos hídricos, pois o desenvolvimento, na maioria das vezes, ocorre sem levar em consideração a conservação das condições naturais dos rios urbanos, ocasionando sua degradação, devido, principalmente, a fatores como remoção da mata ciliar, erosão, assoreamento, modificação do curso d'água, lançamento de efluentes, poluição, entre outros fatores que causam interferência no ciclo hidrológico e gradativa poluição das águas. Os grandes impactos nos cursos d'água são decorrentes tanto das alterações de processos em função da urbanização como também de outras intervenções diretas.

Devido a estes problemas, a preocupação com um desenvolvimento sustentável dos pontos de vista econômico, ambiental e social conduziu um grande número de países a se preocuparem cada vez mais com políticas que privilegiam a prevenção e a observação dos interesses ambientais dentro das decisões econômicas e setoriais.

Para melhor avaliação desses aspectos pode-se utilizar indicadores ambientais que auxiliam nas tomadas de decisões referentes à proteção do meio ambiente.

Neste contexto, o presente trabalho visa caracterizar as principais formas de degradação em cursos d'água urbanos e propor indicadores que retratem essa degradação, levando-se em consideração os critérios pertinentes desenvolvidos pela *Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)*.

O trabalho está inserido na linha de pesquisas do Núcleo de Estudos da Água (NEA) da Universidade Federal de Santa Catarina, tendo como base a Dissertação de Mestrado de Simone Dalla Costa (2008) e por estudos realizados por grupo de trabalho do NEA em 2009, do qual o presente autor fez parte, e que culminou com a elaboração de um artigo sobre a Caracterização da degradação na faixa de proteção legal do Rio do Meio, em Florianópolis, Santa Catarina, publicado e apresentado em evento da Sociedade Brasileira de Recuperação de Águas Degradadas (SOBRADE) em Curitiba-PR, no ano de 2009.

No presente trabalho, para avaliar e definir a importância relativa dos indicadores propostos emprega-se o Método Delphi, reconhecido como um dos melhores instrumentos de previsão qualificativa, neste caso, de degradação de cursos d'água urbanos.

Por fim, é realizado um estudo de caso em que são utilizados os indicadores e parâmetros propostos no trabalho, como instrumentos de avaliação de degradação do local. O curso d'água objeto de análise é o Rio do Meio, localizado na Bacia do Itacorubi, na cidade de Florianópolis, Santa Catarina.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é “caracterizar as principais formas de degradação em cursos d'água em áreas urbanas” e “definir indicadores para qualificar e quantificar os conflitos relacionados a essa degradação”.

Os objetivos específicos são:

- Caracterizar as formas de degradação de cursos d'água em áreas urbanas;
- Propor indicadores que sejam facilmente compreensíveis e aplicáveis e que possam refletir o estado de degradação dos cursos d'água urbanos;
- Avaliar a pertinência dos indicadores propostos e definir o grau de importância relativo entre os indicadores propostos, através do Método Delphi.
- Aplicar os indicadores em um estudo de caso a fim de verificar sua eficiência na avaliação dos impactos da urbanização no curso d'água.

1.3 Justificativa

A finalidade da elaboração deste trabalho é auxiliar na tomada de decisões políticas relacionadas ao meio ambiente, mais especificamente dos recursos hídricos, por meio da possível utilização dos indicadores e parâmetros propostos. Estes instrumentos permitem avaliar e monitorar os impactos relacionados a estes ambientes, bem como a eficiência das políticas acerca das questões ambientais. Logo, estas ferramentas podem servir de auxílio para proposição de programas e planos relacionados ao meio ambiente, com foco nos recursos hídricos.

A importância destes indicadores é bem evidenciada na Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que salienta a necessidade de "desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para a tomada de decisão em todos os níveis e que contribuam para uma sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento" e cita que deve receber tratamento prioritário, entre outros, "o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para os recursos terrestres, levando em conta fatores ambientais, econômicos, sociais, demográficos, culturais e políticos".

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indicadores

2.1.1 *Histórico dos Indicadores Ambientais*

O relatório da *United Nations Environment Programme* (OCDE, 2002) retrata a importância da Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, evento que transformou o meio ambiente em uma questão de relevância internacional. A Conferência reuniu tanto países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, com exceção da antiga União Soviética e a maioria de seus aliados. A partir desta Conferência a grande maioria dos países criou estruturas governamentais para o desenvolvimento de políticas de meio ambiente e foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Em 1989 a *Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico* (OCDE) deu início a trabalhos de construção de indicadores ambientais, devido ao interesse dos países formadores da Cúpula Econômica do Grupo dos Sete, organismo que congrega as nações mais ricas do mundo (RUFINO, 2002). Neste sentido, esta organização é uma das precursoras no desenvolvimento de indicadores ambientais e tem apoiado esforços dos países afiliados nesta área.

O programa da OCDE sobre os indicadores ambientais visa três grandes objetivos: acompanhar os progressos realizados em matéria de meio ambiente; zelar para que seja considerada a variável ambiental quando da elaboração e da execução de políticas setoriais e promover a integração da variável ambiental nas políticas econômicas, notadamente por meio do estabelecimento de uma contabilidade ambiental (OCDE, 2002).

Além da OCDE, diversos trabalhos têm sido realizados nesta área por outras organizações como: Banco Mundial, United Nations Environmental Programme (UNEP); European Environment Agency (EEA); Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas; Environmental Protection Agency (EPA) entre outros. No Brasil se destaca o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

De acordo com Rufino (2002) no ano de 1993 a Divisão de Estatísticas das Nações Unidas, em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), realizou uma Reunião

Consultiva de Especialistas em Indicadores Ambientais e de Sustentabilidade, para discutir os sucessos alcançados na área em questão por diferentes organismos, sendo que neste mesmo ano é divulgado no Canadá o primeiro conjunto completo de indicadores ambientais, que passaria a ser publicado periodicamente.

Em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Os principais temas abordados foram relacionados ao desenvolvimento sustentável e sobre como reverter o atual processo de degradação ambiental. A Agenda 21 foi concebida neste evento como plano de ação estratégica para o desenvolvimento sustentável. O documento do Ministério do Meio Ambiente intitulado “Agenda 21 e a Sustentabilidade das Cidades” destaca a Agenda 21 como o mais importante compromisso sócio-ambiental em prol da sustentabilidade (UNCED, 1992).

Neste contexto, a elaboração da Agenda 21 foi um dos fatores essenciais para a percepção da importância da utilização dos indicadores ambientais em tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente. Em seu Capítulo 40, que trata da informação para a tomada de decisões, salienta a necessidade de "desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para a tomada de decisão em todos os níveis e que contribuam para uma sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento". Também no Capítulo 10, referente à abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos terrestres, cita que deve receber tratamento prioritário, entre outros, "o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para os recursos terrestres, levando em conta fatores ambientais, econômicos, sociais, demográficos, culturais e políticos" (FIDALGO, 2003).

A tabela 2.1 apresenta a evolução histórica dos indicadores, relatando os principais eventos ao longo dos anos.

Tabela 2.1 - Evolução Histórica dos Indicadores Ambientais

1989	O grupo dos sete solicita a OCDE o desenvolvimento de indicadores ambientais.
1991	Primeiro conjunto de indicadores ambientais na OCDE, Canadá e Holanda.
1992	Na Cúpula do Rio se promovem os indicadores ambientais.
1993	PNUMA reuniu especialistas para discutir os avanços.
1994	A OCDE publica seu conjunto de indicadores ambientais. O Banco Mundial e a União Européia buscam as bases para os indicadores de sustentabilidade.
1996	A PNUMA inicia os seminários regionais anuais sobre indicadores ambientais e de sustentabilidade.
1997	A EPA organiza grupos de trabalhos nacionais para o desenvolvimento de indicadores ambientais.

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Ecologia, Economía Ambiental: Lecciones de América Latina (1997).

2.1.2 Definição de Indicadores Ambientais

Segundo Merico (1997) “O vocábulo indicador é proveniente do Latim *indicare*, cujo significado é destacar, mostrar, anunciar, tornar público, estimar.”

Os indicadores são considerados como instrumentos que simplificam fenômenos complexos e abstratos numa forma quantificável, reduzindo grande quantidade de informações a um número apropriado de parâmetros para análise, já que o uso abusivo de informações pode dificultar uma tomada de decisão. Sua utilização permite revelar condições e ao mesmo tempo tendências, apontando aspectos deficientes ou aqueles que necessitam de intervenção (CAVALCANTI E SOUZA, 2000; COSTA, 2003).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, por desempenhar essas funções, os indicadores correspondem a instrumentos de informações de fácil compreensão e representam uma medida que ilustra e comunica um conjunto de fenômenos que levam a redução de investimentos em tempo e recursos financeiros. Este órgão define indicadores ambientais como sendo “estatísticas selecionadas que representam ou resumem alguns aspectos do estado do meio ambiente, dos recursos naturais e de atividades humanas relacionadas” (MMA, 2007).

Já para a OCDE (2002), os indicadores são apenas uma ferramenta de avaliação entre outras e para captar-se todo o seu sentido, devem ser interpretados de maneira científica e política. Ressalta, portanto, que, a estes, devem ser adicionados outras informações qualitativas e científicas, quando for necessário.

2.1.3 Classificação dos Indicadores Ambientais

De acordo com a sua dimensão de representação, segundo a EEA (1999), os indicadores podem ser de 3 tipos: Indicadores Descritivos, Indicadores de Desempenho e Indicadores de Eficiência (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Tipos de Indicadores Ambientais

TIPO DE INDICADOR	DESCRIÇÃO
Indicadores descritivos (O que está acontecendo com o meio ambiente e aos seres humanos?)	Refletem a situação real do ambiente, descrevendo a situação como ela é, sem referência à forma como a situação deve ser.
Indicadores de Desempenho (Isso importa?)	Comparam as condições reais com um conjunto específico de condições de referência, confrontando a situação real com a situação desejada. Esses indicadores são relevantes caso seja necessário responsabilizar grupos ou instituições pelas mudanças no ambiente.
Indicadores de Eficiência (Estamos melhorando?)	Expressam a relação entre elementos distintos, sendo de grande importância para a tomada de decisão, já que relacionam as pressões ao meio ambiente com as atividades humanas. Estes indicadores fornecem introspecção na eficiência dos processos e produtos em termos de recursos utilizados, como emissões e resíduos gerados por unidade do produto em questão.

Fonte: Adaptado de EEA (1999).

Dentre as diversas classificações existentes para indicadores ambientais, a mais empregada é o modelo Pressão Estado Resposta (PER).

De acordo com Carvalho et al (2008) este modelo é o marco ordenador mais utilizado para apresentação de estatísticas e indicadores relativos ao tema ambiental e de desenvolvimento sustentável, tendo sido formulado pelo Statistic Canada e posteriormente adotado pela OCDE que regularmente publica seus indicadores nesse formato.

Um marco ordenador visa organizar indicadores em categorias, ou pode estar relacionado a uma concepção teórica, específica ao tema estudado, facilitando a interpretação e a análise dos resultados apresentados (SCANDAR NETO, 2006).

Segundo Briguenti (2005) o modelo PER mostra-se simples e de fácil uso, podendo ser aplicado em diferentes escalas e condições espaciais. Para o autor o modelo teórico-metodológico está fundamentado no conceito de causalidades, em que as atividades humanas exercem ações sobre o meio ambiente (pressão) alterando sua quantidade e qualidade de recursos naturais (estado) e a sociedade responde a essas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta).

Com base na OCDE, nesse modelo os três tipos de indicadores ambientais podem ser descritos como:

- Indicadores da pressão ambiental - descrevem as pressões das atividades humanas sobre o ambiente, relacionados tanto quanto a quantidade como a qualidade dos recursos naturais;
- Indicadores das condições ambientais ou de estado – são referentes à qualidade do ambiente e à qualidade e quantidade dos recursos naturais. Eles devem fornecer uma visão da situação do ambiente e sua evolução no tempo, não das pressões sobre ele.
- Indicadores das respostas sociais - são medidas que mostram a resposta da sociedade às mudanças ambientais, podendo estar relacionadas à mitigação ou prevenção dos efeitos negativos da ação do homem sobre o ambiente, à paralisação ou reversão de danos causados ao meio, e à preservação e conservação da natureza e dos recursos naturais.

Segundo Carvalho *et al* (2008) existem três variantes do modelos PER, que são: FER (Força Motriz, Estado, Resposta), PEIR (Pressão, Estado, Impacto, Resposta) e FPIER (Força Motriz, Pressão, Impacto, Estado, Resposta). A força motriz representa as atividades antrópicas

que causam impacto ao meio ambiente e visa representar as consequências da degradação ambiental.

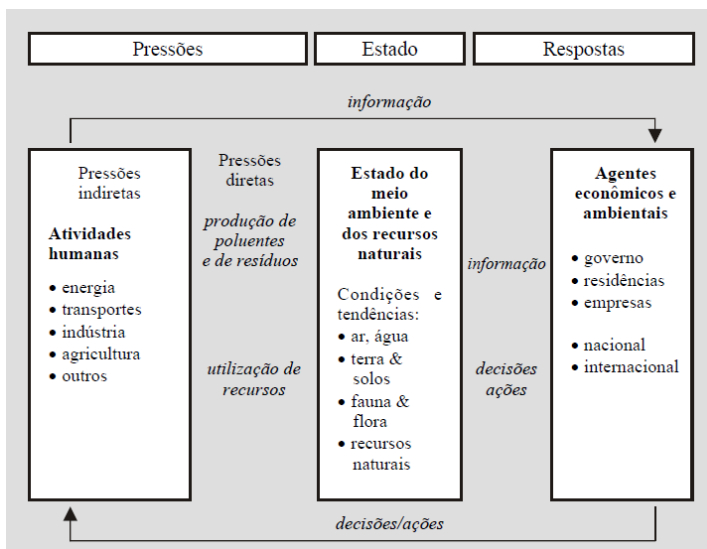


Figura 2.1 - Fluxograma dos indicadores ambientais da OCDE. Fonte: Adaptado de OCDE (2002).

2.1.4 Critérios de seleção de Indicadores Ambientais

Segundo levantamento realizado por Villela *et al* (2007), observa-se que os principais critérios para seleção de indicadores são:

- ✓ Representatividade;
- ✓ Relevância à escala da análise (espacial e temporal);
- ✓ Adequabilidade às necessidades do grupo alvo (especialistas, gestores, público geral, etc.);
- ✓ Pertinência aos objetivos do planejamento;
- ✓ Facilidade de compreensão, clareza, simplicidade e ausência de ambigüidades;
- ✓ Viabilidade, dentro do contexto da disponibilidade de dados e grandeza de custos e tempo de obtenção;
- ✓ Possibilidade de captação de mudanças;

- ✓ Comparabilidade em nível internacional (implica ser baseado em padrões internacionais e possuir um consenso internacional sobre a sua validade);
- ✓ Abrangência de escopo;
- ✓ Existência de valores de referência para dar significação aos valores que assume;
- ✓ Existência de fundamentação científica;
- ✓ Possibilidade de ser utilizado em modelos econômicos, de previsão e em sistemas de informação;
- ✓ Adequabilidade da documentação;
- ✓ Regularidade de atualização;
- ✓ Capacidade de cumprir suas funções.

A OCDE (2002), por sua vez, define três critérios gerais para seleção e identificação de indicadores ambientais: a pertinência política e a utilidade para os usuários, a exatidão da análise e a mensurabilidade.

Quanto à *pertinência política* devem:

- ✓ Fornecer uma imagem representativa das condições do meio ambiente, das pressões exercidas sobre ele ou das respostas da sociedade;
- ✓ Ser simples, fácil de interpretar e permitir destacar as tendências;
- ✓ Refletir as alterações ambientais e das atividades humanas correspondentes;
- ✓ Servir de referência às comparações internacionais;
- ✓ Ser de amplitude nacional ou representativo de problemas ambientais regionais, revestindo um interesse nacional;
- ✓ Reportar-se a um valor limite ou um valor de referência ao qual compará-lo, de maneira que os usuários possam avaliar o seu significado.

Quanto à *exatidão de análise*, devem:

- ✓ Basear-se em fundamentos teóricos justos, tanto em termos científicos quanto técnicos;
- ✓ Basear-se em normas internacionais e em um consenso internacional quanto à sua validade;

- ✓ Poder ser relacionado a modelos, sistemas de previsão e de informação econômicos.

Quanto à *mensurabilidade*, devem:

- ✓ Estar imediatamente disponíveis ou acessíveis em uma relação custo-benefício razoável;
- ✓ Estar acompanhados de documentação adequada e ser de qualidade reconhecida;
- ✓ Ser atualizados a intervalos regulares segundo procedimentos conhecidos.

Esses critérios, portanto, retratam justamente a necessidade já apresentada de se escolher indicadores simples e que possam representar fielmente a situação de análise como um todo, requerendo recursos acessíveis, de baixo custo, para serem empregados amplamente em diversas situações.

A utilização desses critérios, entretanto, nem sempre será possível. A OCDE (2003) observa que as características dos indicadores, apresentadas neste item, qualificam um indicador ideal, o que nem sempre se obtém na prática. Assim, para cada caso ou objetivo específico, determinados critérios devem ser selecionados e utilizados para análise dos indicadores.

2.2 Método Delphi¹

O Método Delphi passou a ser disseminado no começo dos anos 60, com base em trabalhos desenvolvidos por Olaf Helmer e Norman Dalker, pesquisadores da *Rand Corporation*. O objetivo original era desenvolver um método para aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica. A sua utilização é recomendada quando se dispõe de dados não mensuráveis a respeito de um problema que se investiga ou em pesquisas sobre temas recentes. Sua utilização é mais indicada, portanto, quando não existem dados históricos a respeito do

¹ Este texto foi elaborado a quatro mãos, por este autor e por Daniel Henriques Neto

problema que se investiga ou, em outros termos, quando faltam dados quantitativos referentes a ele (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Turoff e Linstone (1975) definem, genericamente, o *Delphi* como um método para estruturar um processo de comunicação em grupo, efetivo em permitir que os indivíduos especialistas, como um todo, possam lidar com um problema complexo, chegando a um consenso sobre uma determinada situação futura.

As características essenciais do método Delphi são a interação entre os especialistas com a troca de informações, a manutenção do anonimato dos especialistas e de suas respostas durante o processo, as respostas que possibilitam a revisão das opiniões individuais diante das opiniões e argumentos dos demais especialistas e a tabulação e análise das respostas segundo um padrão estatístico (WRIGHT, GIOVINAZZO, 2000).

A técnica Delphi consiste na aplicação de questionários a especialistas, oferecendo “feedback” dos resultados a cada ciclo até que se obtenha um consenso. Para KAYO e SECURATO (1997) este consenso deixou de ser exigido dependendo da situação em que o método Delphi é aplicado.

Para Turoff e Linstone (1975), os processos Delphi podem ser divididos, segundo seus objetivos, em:

Delphi de previsão: procura avaliar probabilisticamente futuros eventos ou tendências; essa é a forma mais utilizada deste método. Quando este método é usado para previsão, os participantes são submetidos à relações pré-elaboradas de eventos ou de tendências, e solicitando aos mesmos para avaliarem iterativamente e convergentemente as suas probabilidades de ocorrência dentro de múltiplos intervalos de tempo;

Delphi de política, ou Policy Delphi: procuram alternativas acerca de assuntos críticos, do presente ou do futuro, que necessitam, ou necessitarão ser solucionados. Neste método os participantes são solicitados a avaliarem a importância e a pertinência de diferentes tópicos do problema sob análise, em um processo interativo onde se busca alcançar a convergência, a partir da qual se tentará obter uma relação dos pontos críticos e suas conseqüências, ordenada pelas suas avaliações.

2.2.1 *Aplicações do Método*

Desde a sua criação, o método Delphi no decorrer dos anos tem sido utilizado em um número expressivo de pesquisas em diversas áreas do conhecimento e em diferentes organizações. Apontaremos algumas delas de maneira sucinta abaixo, a fim de contextualizar melhor as áreas de aplicação do método.

- EurEndel – European Energy Delphi: Método Delphi aplicado em dimensão Européia a fim de estudar o futuro da Energia, realizando-se um processo de duas rodadas focado nos desenvolvimento tecnológico, tendências de mercado e visões sociais (Wright e Giovinazzo, 2000);
- ESPON – European Spatial Planning Observation Network: Método Delphi aplicado para mapear regiões européias vulneráveis a catástrofes naturais e tecnológicas (Wright e Giovinazzo, 2000);
- Technology Foresight Surveys: Método Delphi aplicado em dimensão nacional no Japão a fim de estudar a prospectiva tecnológica do país, feita pelo National Institute of Science and Technology Policy (Wright e Giovinazzo, 2000);
- Programa Nacional do Álcool (Proálcool): Método Delphi aplicado com o propósito de desenvolver cenários alternativos, descrevendo a situação no ano 2000, abordando variáveis de população, renda, urbanização, tamanho de frota de ônibus, dentre outros (OLIVEIRA, COSTA e WILLE, 2008).

2.2.2 *Vantagens e Desvantagens do Método Delphi*

Segundo WRIGHT (1986), algumas das principais vantagens evidentes no método Delphi são:

- A pesquisa feita com especialistas traz uma análise da situação a um nível de informação mais confiável, devido à informação do mesmo acerca do tema.
- O uso de questionários implica em uma maior exatidão nas respostas, além de facilitar o seu posterior registro.

- O anonimato dos especialistas em suas respostas acaba com a possibilidade de haver possíveis influências nas respostas entre os participantes.
- É reduzida a possibilidade de ocorrência de omissão por parte dos participantes de menor hierarquia acadêmica ou experiência.
- Baixo custo de envio de formulários devido a não ser necessário o deslocamento de pessoal para envio pessoal aos especialistas, visto que o mesmo pode ser recebido via correio eletrônico.
- Menores custos se comparados com uma possível reunião física para aplicação do questionário a um grupo de especialistas.

Algumas das desvantagens e restrições mais frequentemente apontadas são (Wright, 1986):

- Seleção de “amostra” de especialistas e tratamento dos resultados estatisticamente não aceitáveis, visto que trata-se de uma pesquisa de caráter estritamente qualitativo, e não quantitativo.
- Resultados muito dependentes em relação à escolha da sua “amostragem”.
- Possibilidade de se forçar o consenso indevidamente.
- Dificuldade de se redigir um questionário sem ambigüidades e baseado em tendências futuras.
- Demora excessiva para a realização do processo completo, especialmente no caso de envio de questionário via correio.

2.3 Urbanização e seus impactos na degradação ambiental dos cursos d'água

Segundo Tavares (2008) “o conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas”. Raramente o termo se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais.

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna são destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo é perdida, removida ou enterrada e quando a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. Ocorre, portanto, quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas (IBAMA, 1990).

Impacto ambiental, por sua vez, é o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações no ambiente, devido, por exemplo, a uma nova ocupação ou construção de um objeto novo, como uma usina, uma estrada ou uma indústria. São escritos no tempo e incidem diferencialmente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço (COELHO, 2005).

Em nosso país, na maioria das cidades, o processo de urbanização deu-se ao longo dos seus rios, trazendo consequências depreciativas não apenas aos recursos hídricos propriamente ditos, mas também na qualidade do ar, do solo, da fauna e da flora (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Nas últimas décadas o crescimento da população urbana no Brasil tem sido bastante acelerado. Dados do IBGE apresentados na Tabela 2 demonstram esse fenômeno. Evidencia-se, portanto, que o Brasil abriga atualmente mais de 80% da sua população nos centros urbanos. Problemas recorrentes comuns em suas grandes cidades são a degradação dos cursos de água, uso desordenado do solo, erosão de encostas e aumento das áreas impermeáveis que provocam sérias consequências, como inundações, deslizamentos de encostas, que com frequência crescente vêm ocorrendo no país. Somada a escassa preocupação da sociedade com os recursos naturais, a falta de planejamento para o crescimento urbano, caracterizado pela ocupação de áreas inadequadas como leitos de rios e várzeas de inundação, cria situações de risco e trás consequências para o meio ambiente e para a população.

Tabela 2.3 - Crescimento da População Brasileira e a Parcela da População Urbana

Ano	População (milhões de habitantes)	Parcela da população urbana (%)
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2000	169,0	81,1
2007	158,4	86,1

Fonte: Adaptado de IBGE (2003); (IBGE 2007).

Os problemas ambientais atingem muito mais as áreas ocupadas pelas classes sociais menos favorecidas do que os das classes sociais mais elevadas já que a distribuição espacial das primeiras está associada à desvalorização do espaço, pela proximidade dos leitos de inundações dos rios, das indústrias, de usinas, estando sua população sujeita a riscos ambientais como desmoronamentos e erosão (COELHO, 2005).

Com a ocupação, o solo passa a ter grande parte da sua área revestida de cimento, como edificações, ruas, calçadas, etc., modificando o comportamento da água superficial, reduzindo a porcentagem da água que infiltra, uma vez que as novas superfícies são impermeáveis ou quase impermeáveis (GENZ, 1994). A ampliação dessas áreas impermeabilizadas favorece o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia e afeta também o funcionamento do ciclo hidrológico, podendo, em áreas urbanizadas, promover a ocorrência de diversas enchentes (CHRISTOFOLETTI, 1993). O escoamento superficial pode vir acompanhado de grande volume de sedimentos advindos de construções e de solos expostos em função do desmatamento, aumentando a descarga de sedimentos e alterando a geometria do curso d' água.

De acordo com Pompêo (2000),

(...) as enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais destacamos o excessivo parcelamento do solo e a conseqüente impermeabilização das grandes superfícies, a ocupação de áreas ribeirinhas tais

como várzeas, áreas de inundação freqüente e zonas alagadiças, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e também as obras de drenagem inadequadas.

A figura 2.2 demonstra que o aumento da população implica em aumento da área impermeável no ambiente urbano. O tempo de concentração é reduzido pela canalização e uso de condutos que aceleram o escoamento dentro das bacias urbanas (TUCCI, 2003).

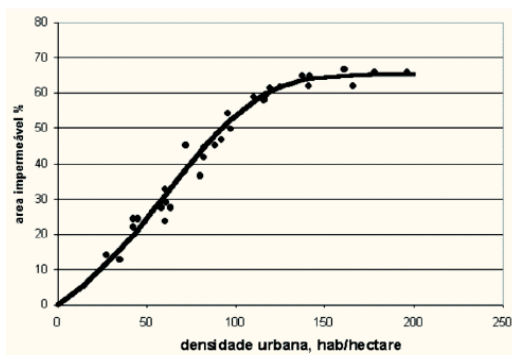


Figura 2.2 - Fórmula Relação entra área impermeável e densidade habitacional com dados de São Paulo, Porto Alegre e Curitiba. Fonte: Campana e Tucci (1994).

Tucci (2002) ressalta ainda que um dos graves problemas no processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.

2.4 Principais Formas de Degradação em Cursos d' Água Urbanos

2.4.1 Modificações nos Cursos d'Água

Associado ao crescimento das cidades, os rios urbanos vêm sendo cada vez mais transformados, perdendo as suas características naturais. As diversas e sucessivas obras de engenharia modificam as seções transversais e o perfil longitudinal, causando alterações de forma,

estrutura e aparência, sendo muitas vezes os cursos d'água retificados e os leitos e margens cobertos em concreto, alterando a eficiência do fluxo (CARDOSO, 2008; CUNHA E GUERRA, 1998).

Portanto, Cunha e Vieira (2001) salientam que é necessário avaliar a geometria do canal, identificando os pontos críticos, a fim de subsidiar projetos de planejamento, restauração e recuperação dos mesmos.

Uma das principais modificações utilizadas na drenagem urbana é a canalização dos cursos d'água, que são obras de engenharia que geralmente ampliam e regularizam as seções transversais e reduzem a extensão dos rios por meio de cortes, retificações e interferências nas sinuosidades do curso d'água.

Para Cunha (1995), os principais impactos destas obras de canalização são o aumento da amplitude das descargas locais; aumento da velocidade de escoamento pelas modificações do canal; redução da sua extensão e aumento da declividade; redução das rugosidades do curso d'água; aumento da capacidade de transporte gerando diversos impactos; e perturbação ou destruição da biota aquática.

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas (2005) ressalta que a canalização dos rios urbanos ou uso de galerias para transportar rapidamente o escoamento para jusante, priorizando o aumento da capacidade de escoamento de algumas seções, não consideraram os impactos que são transferidos. Essas modificações causam a ampliação da vazão máxima dos cursos d'água, fazendo com que sejam necessárias de novas obras para mitigar os impactos dessas modificações, que não resolvem o problema, apenas o transferem. O custo desta solução chega a ser, em alguns casos, cerca dez vezes maior que o custo de soluções que controlam na fonte a ampliação da vazão devido à urbanização.

É evidente que as obras de microdrenagem e macrodrenagem não prevêm os impactos à jusante do curso d'água. A visão pontual de modificação de apenas um trecho crítico do curso d'água, sem levar em consideração o seu todo, pode gerar diversas consequências do ponto de vista ambiental, econômico e social. Devido a essas problemáticas, em países desenvolvidos, alguns conceitos da drenagem clássica já estão ultrapassados, devido ao conhecimento dos impactos causados por essas modificações a curto e a longo prazo.

2.4.2 *Impactos da Urbanização sobre as Mata Ciliares*

O modelo de ocupação territorial estabelecido ao longo dos anos em nosso país, desde a época da colonização até os dias atuais, sempre teve referencial a proximidade de aglomerados urbanos com os corpos hídricos e suas formações vegetais associadas. Isso porque, além dos aspectos referentes ao abastecimento de água, essa forma de ocupação proporcionava a solução mais prática para outras necessidades, como vias de transporte, fonte de alimentação, fornecimento de matérias-primas, além da facilidade do despejo das atividades antrópica, entre outros fatores.

Segundo Martin (2005)

As matas ciliares são aquelas que ocorrem ao longo dos cursos d'água, incluindo tanto a ribanceira de um rio ou córrego, de um lago ou represa, banhados ou veredas, como também as superfícies de inundação e que sofrem influência do lençol freático. Alguns tipos de matas estão mais associadas com a posição topográfica da área do que com a presença de cursos d'água. Considera-se ainda a faixa de vegetação sob a interferência direta da presença de água em algum período do ano, que se apresentam em função disso sobre solo aluvional típico, com características florísticas e estruturais próprias, em que a vegetação do entorno também é florestal.

Essa vegetação pode receber diversas denominações, como mata ciliar, floresta ou mata de galeria, veredas, mata de várzea, floresta beiradeira, entre outras.

Para Ab' Saber (2004) a “expressão florestas ciliares ou mata ciliar envolve todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à beira de rios”.

Kageyama (2001) ressalta algumas de suas funções, como a redução de impacto de fontes de poluição de áreas a montante, através de mecanismos de filtragem (retenção de sedimentos), barreira física e processos químicos; capacidade de minimizar processos de assoreamento dos corpos d'água e a contaminação por lixiviação ou escoamento superficial. Além disso, mantém a estabilidade dos solos marginais, minimizando os processos erosivos e o solapamento das margens. A vegetação ciliar pode ainda reduzir a entrada de radiação

solar e, desta forma, minimizar flutuações na temperatura da água dos rios.

A vegetação ciliar tem um importante papel ecológico e hidrológico em uma bacia hidrográfica.

Em relação às suas funções hidrológicas, a substituição da cobertura vegetal natural e a remoção da vegetação implicam na redução de tempos de concentração e aumento do volume de escoamento superficial, causando extravasamento de cursos d'água (POMPÊO, 2000). Lima e Zakia (2001) descrevem os efeitos da remoção da vegetação ciliar sobre os seguintes processos:

- Geração do escoamento direto em microbacias, que é o volume de água que causa o aumento rápido da vazão de microbacias durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva. Com a remoção da mata ciliar, na ocorrência de chuvas fortes, os solos encharcam e não há possibilidade de armazenamento adicional, ocasionando maiores volumes escoados e picos de vazão, que é atingido rapidamente (LINHARES, 2005).
- Quantidade de água, onde tem sido demonstrada que a recuperação da vegetação ciliar contribui para o aumento da capacidade de armazenamento de água na microbacia ao longo da zona ripária, ou seja, a destruição da mata ciliar a médio e em longo prazo diminui a capacidade de armazenamento da microbacia, e conseqüentemente a vazão na estação de seca;
- Ciclagem de nutrientes: o efeito de filtragem de particulados e de nutrientes em solução, proporcionado pela zona ripária, confere também significativa estabilidade em termos do processo de ciclagem geoquímica de nutrientes pela microbacia.

A remoção da mata ciliar pode, ainda, acarretar diversas alterações no ciclo hidrológico, como grandes enchentes em algumas regiões, processos de desertificação, redução das nascentes e redução das águas dos rios, rebaixamento dos lençóis freáticos, alterações na precipitação, interceptação, percolação, evapotranspiração entre outros.

As alterações causadas pelas ações antrópicas, portanto, têm causado impactos diretos sobre o ciclo hidrológico. A retirada da vegetação e posterior conversão do uso da terra pelo homem constituem os maiores agentes modificadores da cobertura da terra e desencadeiam uma série de alterações significativas no meio físico e no ciclo da água.

De acordo com Vieira (2000), “o regime hídrico é diretamente afetado pela situação, dinâmica e manejo da vegetação, que podem

contribuir tanto para sua manutenção e circulação ou para sua indisponibilidade no planeta”.

Quanto ao seu papel ecológico, Kageyama (2001) ressalta que: “A mata ciliar exerce grande influência na manutenção da biodiversidade, pois compreende um excelente habitat para a fauna terrestre e aquática, pela própria estrutura da vegetação e da existência de madeiras caídas e arbustos, que servem de refúgio para pequenos mamíferos, oferecem ninhos para muitas espécies de aves, possibilitam alta produção de alimentos para herbívoros e estabilidade para comunidades invertebradas aquáticas e terrestres. Fornece alimento, cobertura e proteção térmica para peixes e outros organismos aquáticos, além de água e alimentos para a fauna terrestre (de insetos a mamíferos)”.

Lima e Zakia (2001) também ressaltam a importância das zonas ripárias como corredores ecológicos naturais, que possibilitam o fluxo de animais e propagação de sementes ao longo de sua extensão, interligando importantes fragmentos florestais.

Portanto, a degradação da vegetação causa impacto direto na diversidade de espécies, sendo evidente a sua importância na manutenção de todo o ecossistema.

Mesmo com o conhecimento de sua imprescindível importância, a vegetação ripária vem sendo suprimida dos cursos d’ água devido à falta de políticas públicas frente à proteção desses ecossistemas. Segundo a Secretaria do Estado do meio Ambiente de São Paulo (2002), estudos estimam em mais de um milhão de hectares as áreas marginais dos cursos d’água sem vegetação ciliar. Embora preliminar, essa avaliação revela a ordem de grandeza do problema.

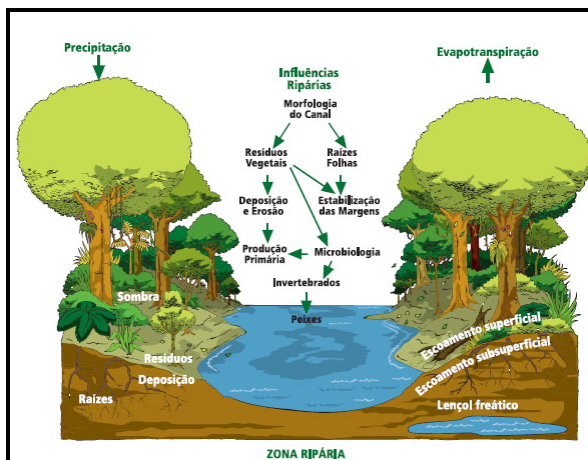


Figura 2.3 - Influências da vegetação ripária sobre os cursos d' água e seu entorno. Fonte: SEMA (2007).

Outra função essencial da mata ciliar é a manutenção da qualidade da água, devido aos diversos mecanismos que esta vegetação pode exercer em relação à conservação das águas e na redução de poluentes.

A qualidade das águas de uma bacia hidrográfica apresenta-se como o resultado de uma complexa interação dos fenômenos naturais e de ações ou atividades antrópicas. Uma das principais funções da mata ciliar em relação à manutenção da qualidade da água da bacia é auxiliar a filtragem de sedimentos e nutrientes. Segundo Lima (2008) a maior parte desses nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres chega aos cursos d'água através de seu transporte em solução no escoamento superficial.

Para Muscutt (1993) e Lima (2008), os mecanismos que reduzem a concentração de poluentes existentes no escoamento superficial, quando atravessam a mata ciliar, são realizados através da infiltração nessas zonas ripárias; redução do escoamento superficial devido principalmente ao aumento da rugosidade hidráulica pela vegetação dentro da zona ripária e filtragem do escoamento pela vegetação. Esses fatores além de facilitarem a infiltração de nutrientes, auxiliam também, em parte, sua degradação pelo solo.

Diversos trabalhos vêm sendo realizados para comprovar a eficiência da mata ciliar na preservação hídrica, Pode-se citar, por exemplo, o trabalho de Delgado, Periago e Viqueira (1995) que apresenta diversos estudos sobre a eficácia da vegetação ciliar na remoção de vários tipos de contaminantes e na atenuação desses poluentes no próprio solo. No artigo destes autores podem-se encontrar outros estudos sobre a eficiência do solo e de algumas formações vegetais na remoção de sedimentos, nitrogênio, fósforo, sólidos totais, fósforo, entre fatores.

Outro impacto significativo ainda observado em relação à biodiversidade vegetal é a substituição de espécies nativas, que são espécies que ocorrem dentro de sua área natural de distribuição, por espécies exóticas que são espécies que ocorrem fora de sua área natural de distribuição.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2006), espécies vegetais exóticas invasoras são definidas como espécies de outras regiões que se instalam em regiões que não a de sua origem e causam diversos problemas, principalmente por ocupar nichos de espécies locais não agressivas, podendo muitas vezes comprometer a sobrevivência da espécie nativa. Esse processo de introdução e adaptação de espécies invasoras é denominado de contaminação biológica, sendo que essa introdução pode ocorrer de forma acidental ou intencional.

Conforme texto presente na Resolução CONABIO nº 5 de 2009 que dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras,

(...) as espécies exóticas invasoras são consideradas, atualmente, a segunda maior causa de perda de biodiversidade, e que com a crescente globalização, a ampliação das vias de transporte, o incremento do comércio e do turismo internacional, aliado às mudanças no uso da terra, das águas e às mudanças climáticas decorrentes do efeito estufa, tendem a ampliar significativamente as oportunidades e os processos de introdução e de expansão de espécies exóticas invasoras nos diferentes biomas brasileiros.

Ziller (2001) ressalta que as espécies exóticas invasoras ao impor uma dominância sobre a diversidade biológica nativa, levam à perda da

biodiversidade e a modificação dos ciclos e características naturais dos ecossistemas atingidos.

A vegetação implantada inadequadamente, ou a substituição total ou parcial da mesma pode causar instabilidade em áreas estáveis e causar surgimento de erosões. Segundo Pereira (2008) são exemplos de efeitos que podem causar impactos não desejáveis ocorridos pela substituição da vegetação:

- Redução da umidade do solo: quando se utilizam espécies que necessitam de grande consumo de água, elas podem causar trincas e aberturas, principalmente em solos expansivos.
- O peso das árvores aumenta as forças atuantes, provocando deslizamentos.
- O vento, atingindo as árvores, produz forças sobre as massas de solo, podendo ativar deslizamentos.
- As raízes podem contribuir para danificar estruturas cimentadas superficialmente, nos canais, revestimentos, passeios e sistema de drenagem em taludes.
- As raízes e as árvores secas podem contribuir para concentrar o fluxo de água pluvial e provocar o sulcamento e ravinamentos.
- As raízes superficiais podem contribuir para a desagregação do solo, quando muito contradas, em grande volume superficiais.
- Plantas de raízes finas e superficiais impedem a infiltração e desagregam partículas do solo.
- Plantas altas e de folhas largas podem causar a erosão, pois concentram água nas folhas; em consequência, as gotas d' água oriundas das plantas serão maiores que as gotas da chuva.

2.4.3 *Erosão e Assoreamento e seus Impactos*

Capeche *et al* (2008) define erosão como o “processo de desgaste e consequente modificação da superfície das terras (rochas e solos), sendo influenciada por: água, vento, cobertura vegetal, topografia e tipo de solo”.

Em relação à importância da vegetação na prevenção da erosão, fica evidente que a mesma contribui para a estabilização de encostas, principalmente pelo reforço mecânico do sistema radicular, dificultando

ou impedindo o destacamento do solo pela água da chuva (LIMA, 1986).

Fendrich (1984) ressalta que vegetação, pode influenciar na erosão de diversas formas, pois a planta, pelas raízes e copada, amortece a queda das gotas d'água, diminuindo o impacto sobre o solo, controlando a desagregação; pelos troncos e raízes, impõem barreiras ao fluxo da água, facilitando assim sua infiltração, evitando um aumento da velocidade de escoamento; pelas suas raízes mantém a estabilidade do solo; pela incorporação de matéria orgânica e abertura de galerias pelas raízes, dão ao solo condições para que melhor absorva e retenha água. O grau e comprimento das declividades dos terrenos também exercem efeitos importantes.

O impacto da erosão nos recursos hídricos manifesta-se principalmente através do assoreamento dos cursos d' água e reservatórios, com a deterioração da qualidade dessas águas. Uma das mais sérias conseqüências provocadas pelo assoreamento é a promoção de enchentes e a perda da capacidade de armazenamento d' água.

A erosão urbana, de acordo com Guerra e Cunha (2005), está associada diretamente a ausência de planejamento adequado. Com o aumento das áreas construídas e pavimentadas amplia-se o volume e a velocidade das enxurradas e se não dissipadas concentram o escoamento, acelerando ou agravando os processos de ravinas e voçorocas. O autor ressalta que os problemas causados pela erosão são ainda agravados pelo assoreamento dos cursos d' água principalmente nas áreas urbanas e pela destruição ou entupimento da rede de galerias, propiciando a ocorrência de enchentes e o aumento da poluição.

Segundo Guerra, Silva e Botelho (2005) as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades, são devido à:

- a) Plano de Obras inadequado do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas. As ruas, quando pavimentadas, dispõem, em geral, de galerias pluviais, mas nem sempre onde existem galerias existe pavimentação. Ruas sem pavimento, em áreas urbanas muito suscetíveis à erosão, provocam obstrução de galerias, especialmente quando apresentam declividades insuficientes para favorecer o transporte do solo depositado. Recomenda-se, portanto, pavimentar imediatamente as ruas, depois de concluídas as obras.
- b) Traçado inadequado do sistema viário, não considera a declividade e comprimento das vertentes. Os volumes do

escoamento devem ser parcelados para que os coletores tenham menor diâmetro possível. Em certos casos, para controlar a direção do escoamento superficial e sua vazão, deve-se prever a implantação de lombadas transversais à direção de fluxo de água, e desviar as águas das ruas e estradas até um local de encontro seguro.

- c) Deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas. Sempre que possível, os projetos devem considerar toda a área de drenagem que contribui para o escoamento superficial, com estudo prévio da planta topográfica da cidade, desenvolvendo os planos para o sistema de drenagem e prevendo as ruas com ou sem pavimento. Os canais coletores devem situar-se, principalmente, nas ruas secundárias, utilizando as de pequena declividade, evitando, dessa forma, o acúmulo de águas resultantes da drenagem nas ruas de grande declividade.
- d) Expansão urbana descontrolada. A implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais, especialmente em locais que apresentam terrenos suscetíveis a processos de ravinamentos e/ou boçorocamentos, deve ser antecedida por cuidadoso estudo da suscetibilidade à erosão, adequando os projetos à natureza dos terrenos prevendo-se obras de controle da erosão.

O processo de erosão nas áreas urbanizadas tem grande influência sobre os cursos d' água, afetando diretamente a sua integridade. Os fatores acima descritos contribuem principalmente para o aumento da velocidade de escoamento e da quantidade de sedimentos, favorecendo a ocorrência de enchentes, e para o aumento do assoreamento em cursos d' água urbanos, devido acréscimo de material que podem ser depositado nesses cursos. Isso ocorre pelo transporte de solo erodido e de outros materiais provenientes das atividades antrópicas.

Segundo Capeche *et al* (2008), a deposição das partículas é o processo final da erosão e consiste no armazenamento do solo erodido em rios, lagos, represas, açudes, terraços, cursos d' água entre outros, causando assim o processo de assoreamento, considerado uma dos principais problemas da degradação em bacias hidrográfica urbanas.

Em outras palavras, pode-se dizer que, como produto da erosão, ocorre a produção de sedimento. Para Fendrich *et al* (1984), o termo sedimento se aplica geralmente ao “material erodido que foi transportado e depositado pela água, mas é também usado para denotar o material depositado pelo vento, gelo e outros agentes”.

Os processos erosivos podem ser classificados em erosão geológica e erosão antrópica. A primeira é a que ocorre normalmente na superfície terrestre, oriunda da atividade geológica (gelo, vento, água), sob condições naturais ou não perturbadas ao passo que a última é a erosão oriunda das atividades ou interferência do homem sobre o meio ambiente, intensificando a ação da chuva e ou do vento sobre o solo.

Em áreas urbanas, a erosão superficial atua geralmente em loteamentos recém-implantados com terrenos desmatados e não ocupados e em ruas não pavimentadas (CARVALHO *et al*, 2006).

2.4.4 *Impactos da Poluição sobre os Cursos d' Água*

Para Von Sperling (2005) “poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d’ água de uma maneira tal que prejudique os seus legítimos usos”. Segundo o autor, a qualidade da água é função de condições naturais e da interferência do homem. A influência das condições naturais ocorre pelo contato da água das chuvas, em escoamentos ou infiltração, com partículas, substâncias e impurezas que se encontram no solo ou nas superfícies impermeabilizadas. Dá-se assim a incorporação de sólidos em suspensão, como partículas de solo, e sólidos dissolvidos, como íons oriundos da dissolução de rocha. Já a interferência do homem ocorre pela introdução de compostos na água de forma concentrada, como despejos domésticos e industriais, ou de forma dispersa (VON SPERLING, 1996).

Um dos principais impactos aos cursos d’ água é o lançamento de esgoto sanitário, coletado nas redes e lançado *in natura* nos corpos d’ água. Sem um prévio tratamento, dependendo da quantidade do esgoto² lançado no corpo receptor, pode-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade dessa água, fazendo que ocorra declínio nos níveis de oxigênio dissolvido, afetando todo o ecossistema aquático e com a possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água poluída (NUVOLARI *et al*, 2003).

² De acordo com Coelho (2005), o termo esgoto é usado atualmente para caracterizar os despejos provenientes de diversas modalidades de uso e de origem das águas, tais como: domésticos, industriais, utilidades públicas, áreas agrícolas, superficiais, infiltração e outros efluentes sanitários.

Associado ao consumo de oxigênio dissolvido está o fenômeno da autodepuração, através do qual o curso d' água tem seu equilíbrio restabelecido, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. Numa visão específica, os compostos orgânicos são convertidos em compostos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON SPERLING, 1996).

Outra forma de poluição de corpos d' água é a disposição inadequada de resíduos sólidos ao longo do mesmo. Segundo Mucellin e Bellini (2008) essas práticas habituais podem provocar, entre outras coisas, contaminação de corpos d' água, assoreamento, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças entre outros. Some-se a isso a poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente.

De acordo com a NBR 10004 de 2004 resíduos sólidos são:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A disposição inadequada desses resíduos, provenientes das atividades antrópicas, em cursos de água, implica em degradação da qualidade da água. Isto porque a sua localização inadequada nas margens dos cursos d' água e em solos com alta permeabilidade tende a contaminar a água de superfície e subterrânea, comprometendo sua qualidade e a futura utilização. Ressaltam-se, ainda, os problemas relacionados com a decomposição do lixo, que pode produzir um líquido altamente poluído e contaminado denominado chorume, podendo este atingir diretamente os mananciais subterrâneos e superficiais. Segundo Benetti e Bidone (1995) este líquido contém concentração de material orgânico equivalente a uma escala de 30 a 100 vezes o esgoto sanitário, além de microorganismos patogênicos e metais pesados.

Os resíduos sólidos podem ainda ser transportados diretamente para os cursos d' água, causando problemas como assoreamento,

obstruções de canais e de outros sistemas de drenagem, reduzindo o fluxo de escoamento. Em períodos de chuva crítica, podem ocasionar inundações, as quais, além de impactos sociais e econômicos, podem causar impactos diretos na saúde da população.

Diversos impactos citados poderiam ser evitados com a conscientização da população sobre as consequências das suas ações sobre o meio ambiente. Mucellin e Bellini (2008) ressaltam que as atividades cotidianas condicionam o morador urbano a observar determinados fragmentos do ambiente e não perceber situações com graves impactos ambientais condenáveis. Casos de agressões ambientais como poluição visual e disposição inadequada de lixo refletem hábitos cotidianos em que o observador é compelido a conceber tais situações como “normais”.

2.5 Legislações Referentes aos Cursos d' Água

A primeira legislação em relação aos recursos hídricos foi estabelecida pelo Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934 que instituiu o Código das águas, tendo como principal objetivo permitir o poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial da água. Este Decreto classifica as águas e relação à posse, como Águas Públicas; Águas Comuns e Águas Particulares e trata do uso das mesmas quanto à navegação, derivação, desobstrução, aproveitamento bem como os direitos e deveres públicos e particulares, entre outros. Em diversos artigos dessa legislação verifica-se que já existe uma iniciativa de proteção e defesa aos cursos d' água.

Em 1997 entrou em vigor a Lei nº 9.433/1997, denominada “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. De acordo com a Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos tem como principais fundamentos, considerar a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e a lei também prevê que, em situações de escassez, o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais.

Através da Lei 9984 de 2000, é criada a Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em 2003, através do decreto 4613

de 11 de março de 2003, é regulamentado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, além de outras providências em relação aos recursos hídricos.

Surge após 4 anos, a Lei nº 10.881 de 2004 que dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional das Águas e entidades delegatárias das funções de Agência de Águas relativas a gestão dos recursos hídricos de domínio da união.

Com base e apoio dessas principais leis abordadas, foram estabelecidas diversas outras legislações referentes aos recursos hídricos, estabelecendo classes, limites em relação a lançamento de efluentes, licenciamento de obras em cursos d' água, entre outras.

Quanto às áreas de preservação ambiental em relação aos cursos d' água, se destaca o Código Florestal de nº 4771/1965 em que há considerações das áreas de preservações permanentes ao longo dos rios, curso d'água, lagoas, lagos ou reservatórios, nascentes, topos de morro, encostas, restingas e mangues e nas bordas de tabuleiros ou chapadas. Essa lei é um dos principais instrumentos da proteção ambiental.

Tabela 2.4 - Áreas de preservação no entorno dos cursos d' água

Largura do Curso d' água	Largura de Mata ciliar mínima permitida
Menos de 10m de largura	30 metros
De 10m a 50m de Largura	50 metros
De 50m a 200m de Largura	100 metros
De 200m a 600m de Largura	200 metros
Superior a 600m de Largura	500 metros
Nascentes	Raio de 50m

Fonte: Adaptado da Lei Federal 4.771 de 15 de Setembro de 1965

Costa (2008), em relação às Áreas de preservação, ressalta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e as Resoluções CONAMA N° 004/1985, N° 302/02, N° 303/02 e N° 369/06, e em relação ao uso do solo, cita o estatuto das cidades.

Em relação aos decretos os principais foram o Decreto nº 4.613 de 11 de março de 2003 que regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Decreto de 22 de março de 2005 que Institui a Década Brasileira da Água a ser iniciada em 22 de março de 2005 e

outros Decretos que instituíram Comitês de Bacia em rio de domínio da União.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Origem do trabalho

O presente trabalho teve como base a Dissertação de Mestrado de Simone Dalla Costa, realizada junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, no ano de 2008. O trabalho intitulado “Estudo da Viabilidade de Revitalização de Cursos d’ Água em Área Urbana: Estudo de Caso no Rio Córrego Grande em Florianópolis, Santa Catarina” teve como principal objetivo caracterizar e avaliar as formas de degradação cursos d’ água, visando à definição de medidas de revitalização em áreas urbanas.

Com base no procedimento metodológico desenvolvido por Costa (2008) o autor do presente trabalho participou de um Estudo de Caso no Rio do Meio, em que o principal objetivo foi o de aplicar a metodologia, com diversas modificações, para caracterizar e avaliar as formas de degradação do curso d’ água, visando à definição de medidas de revitalização para a área (Pereira et al, 2009).

Este Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se articulado ao de Daniel Henriques Neto, que utiliza os resultados do presente trabalho para propor medidas de revitalização em cursos d’água urbanos.

A partir da revisão bibliográfica sobre indicadores e impactos referentes aos cursos d’ água urbanos, e tendo como base os trabalhos anteriores, foram propostos neste presente trabalho indicadores e parâmetros para avaliar as degradações em cursos d’água urbanos. Para avaliar a pertinência desses indicadores e parâmetros (São esses os melhores indicadores?), estabelecendo o grau de importância entre os mesmos, utilizou-se a Metodologia Delphi. Com base nos resultados obtidos e na metodologia proposta foi realizado um Estudo de caso no curso d’ água do Rio do Meio, localizado na Bacia do Itacorubi, Florianópolis-SC.

3.2 Construção dos Indicadores

A revisão bibliográfica, realizada primeiramente, permitiu que fossem definidos os critérios e métodos para a proposição de

indicadores³ e parâmetros⁴ para avaliar a degradação de cursos d'água urbanos. Para utilização dos mesmos, verificou-se a necessidade de um desenvolver um procedimento metodológico que permitisse a obtenção de resultados mensuráveis das principais formas de degradação, auxiliando na tomada de decisões relativas aos impactos verificados nos trechos de cursos d' água em áreas urbanas.

Neste Trabalho de Conclusão de Curso, as etapas que constituem o desenvolvimento da metodologia, estão sintetizadas no fluxograma abaixo:

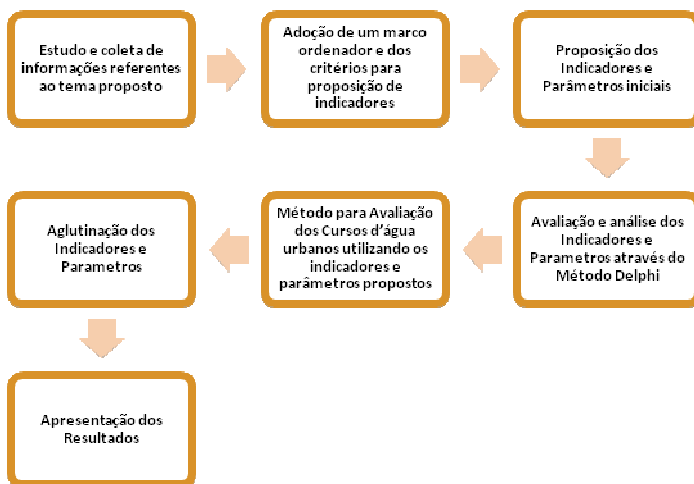


Figura 3.1 - Fluxograma metodológico do presente trabalho

3.2.1 Adoção do Marco Ordenador

³ Indicador: Parâmetro, ou valor calculado a partir de parâmetros, fornecendo indicações sobre ou descrevendo o estado de um fenômeno, do meio ambiente ou de uma zona geográfica, de uma amplitude superior às informações diretamente ligadas ao valor de um parâmetro (OCDE, 2002)

⁴ Parâmetro: Propriedade medida ou observada (OCDE, 2002)

Dentre os diversos métodos existentes para a proposição de indicadores, o método escolhido para ser utilizado como base deste trabalho é o modelo PER “Pressão - Estado - Resposta”, recomendado pela OCDE. Este método é reconhecido como uma valiosa ferramenta para propor indicadores ambientais que visam acompanhar, analisar e avaliar questões relativas ao meio ambiente. Como o trabalho trata de questões relacionadas aos impactos sobre os cursos d’água, utilizou-se para o desenvolvimento do mesmo, indicadores e parâmetros de pressão e estado, não sendo propostos indicadores e parâmetros de resposta.

3.2.2 Critérios utilizados para a proposição de indicadores

Como a seleção dos indicadores depende dos objetivos que se pretende alcançar, para atender aos objetivos específicos deste trabalho em questão, os principais critérios adotados, com base na OCDE, foram:

- Fornecer uma imagem representativa das condições de estado do meio ambiente e das pressões sobre ele;
- Ser simples, de fácil verificação e interpretação;
- Estarem acessíveis em relação custo-benefício adequados, não necessitando de muitos recursos técnicos e financeiros para se obter as informações que têm como objetivo representar e em curto espaço de tempo;
- Aplicabilidade em diferentes cursos d’água urbanos;
- Fornecer resultados que diferenciem trechos com diferentes características, ou seja, possuir sensibilidade para distinguir diferentes situações nos trechos.

3.2.3 Proposição dos indicadores iniciais

A partir do modelo PER, da metodologia de Dalla Costa (2008), dos critérios adotados para a escolha dos indicadores e pelo conhecimento dos principais impactos em cursos d’água urbanos, foram propostos inicialmente um conjunto de 17 parâmetros, em função de 5 indicadores (Tabela 3.1), para avaliação quantitativa e qualitativa da degradação em cursos d’água urbanos.

A tabela a seguir apresenta os indicadores e parâmetros propostos bem como uma breve descrição do que eles visam retratar.

Tabela 3.1 - Indicadores e parâmetros de degradação

Indicadores	Parâmetros
1. Mata ciliar: visa retratar o estado e a formação vegetal presente nas margens dos cursos d' água.	1.1. Corte ou remoção da vegetação: retrata a integridade da vegetação nas margens do curso d' água.
	1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas: retrata a formação vegetal existente nas margens do curso d' água.
2. Erosão e assoreamento: visa retratar as condições do leito do curso d' água e seu entorno, quanto à presença de sedimentos e pontos de erosão.	2.1. Processos erosivos visíveis nas margens: demonstra processos de erosão verificados visualmente que colocam em risco a estabilidade das margens do curso d' água.
	2.2. Presença de sedimentos nas margens: representa a magnitude de sedimentos presente nas margens do curso d' água e em seu entorno.
	2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos: evidencia alterações causadas no leito do curso d' água devido ao acúmulo de sedimentos.
3. Modificação do curso d' água: visa retratar as formas e intensidades das alterações realizadas nas secções e ao longo do curso d' água.	3.1. Retificação da seção transversal: retrata alterações na forma da secção do curso d' água, demonstrando a retificação nos diferentes sentidos do perfil transversal.
	3.2. Mudança de revestimento da seção transversal: retrata modificações realizadas através da observação da natureza dos materiais utilizados no recobrimento dos diferentes sentidos do perfil transversal.
	3.3. Canalização ou tamponamento do trecho: retrata a forma com que o curso d' água está sendo conduzido ao longo do trecho.
	3.4. Corte de meandros: retrata alterações nas sinuosidades do curso d' água.
	3.5. Retirada da água sem modificação estrutural do curso d' água: retrata a forma com que a água é removida desse curso, sem causar modificação em sua estrutura, utilizando condutos coletores ou bombeamento.
	3.6. Retirada da água com modificação estrutural do curso d' água: retrata as alterações estruturais desse curso, como desvios, realizadas para a retirada de água.
	3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas: retrata a intensidade com que estas obras obstruem o curso d' água.
4. Poluição: visa retratar a magnitude de poluentes liberados, por diferentes atividades, ao longo do curso d' água.	4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d' água: retrata a quantidade de resíduos, provenientes de atividades antrópicas, ao longo do curso d' água.
	4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos: retrata a intensidade de despejos de efluentes ao longo do curso d' água.

Indicadores	Parâmetros
	4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas: retrata a intensidade com que ocorre o escoamento de águas pluviais no curso d' água.
5. Edificações: visa retratar a natureza e quantidade das diversas formas de construções no entorno do curso d' água.	5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública: retrata a quantidade e natureza das edificações localizadas no entorno do curso d' água.
	5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia: Retrata a quantidade e natureza dessas estruturas localizadas no entorno do curso d' água.

3.3 Aplicação do Método Delphi para Avaliação dos Indicadores

Após a proposição inicial dos indicadores e parâmetros foi empregada a Metodologia Delphi para avaliar a pertinência de uso dos mesmos, bem como estabelecer o grau de importância entre eles, por meio de pesos.

Para aplicar os indicadores e parâmetros no método, primeiramente foi realizada uma pré-avaliação entre alguns participantes do Congresso Iberoamericano e do Caribe sobre Restauração Ecológica, realizado de 09 a 13 de novembro de 2009, em Curitiba, para avaliar se os indicadores propostos estavam adequados para serem utilizados.

Nesta consulta, os participantes do Congresso foram convidados a responder um formulário, composto por uma carta de apresentação, tabela com os indicadores e parâmetros a serem avaliados e de um espaço destinado aos comentários sobre os itens propostos, e sugestões de inclusão, alteração ou exclusão dos mesmos.

Foi apresentada uma breve explicação do trabalho aos participantes, demonstrando a importância em se propor estes indicadores e parâmetros para quantificar e qualificar a degradação em cursos d' águas urbanos. Em seguida foram fornecidas as informações necessárias para o correto preenchimento do questionário.

O questionário permitiu estabelecer pesos referentes à importância do impacto de cada indicador e parâmetro. Definiu-se previamente que a soma dos pesos dos indicadores e parâmetros deveria ser igual a 100, podendo o participante distribuir os pesos segundo sua

opinião. Solicitou-se que o participante preenchesse o nome, local de trabalho, e, caso pretendesse participar da etapa de aplicação do método Delphi, deveria informar seu endereço eletrônico.

Todas as sugestões e comentários, bem como o questionário em si, foram analisados e avaliou-se a necessidade de se incluir, excluir ou alterar algum destes itens inicialmente propostos, sendo definidos após esse processo os indicadores finais a serem avaliados.

Posterior a esta prévia avaliação, deu-se início, de fato, à aplicação das etapas que constituem o Método Delphi. O método foi desenvolvido em 3 etapas principais conforme o fluxograma a seguir.

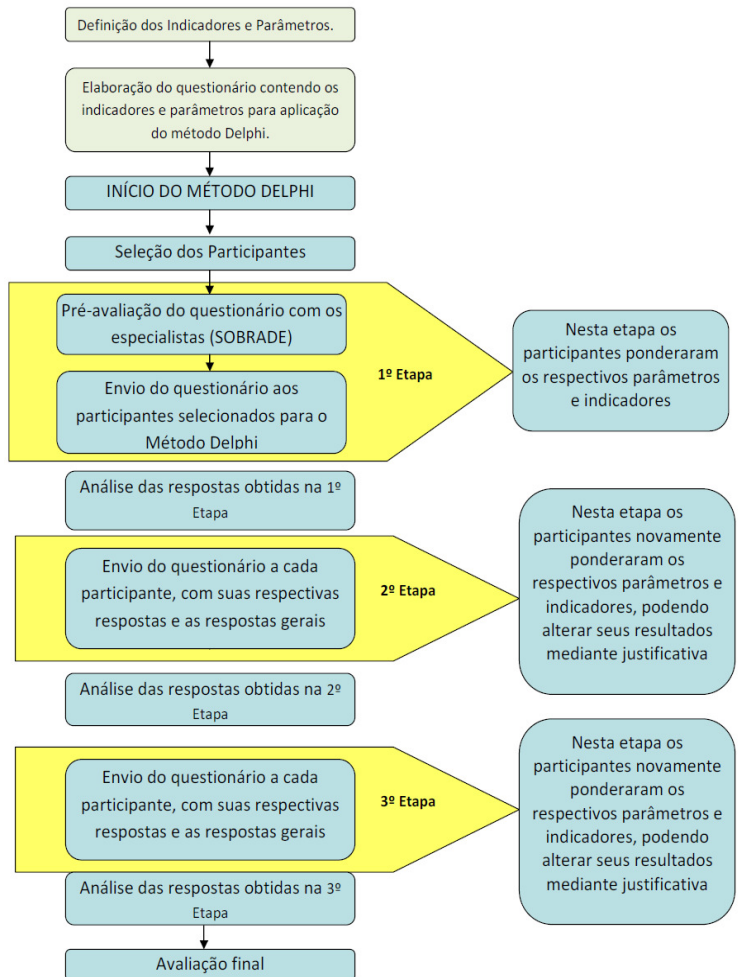


Figura 3.2 - Fluxograma do Método Delphi aplicado no trabalho

3.3.1 Seleção dos participantes

A seleção dos participantes foi realizada com base em suas áreas de atuação, tendo sido selecionados profissionais que atuam de forma direta com o Meio Ambiente possuindo experiência e conhecimentos. Em anexo encontra-se a listagem dos órgãos e entidades de que os especialistas fazem parte já que no processo deve-se manter o anonimato dos participantes.

3.3.2 Etapas da aplicação do Método Delphi

No processo de aplicação do método foram realizadas consultas individuais, através do questionário elaborado (Apêndice B), em 3 etapas, para que os participantes ponderassem os indicadores e parâmetros propostos e fizessem comentários sobre os mesmos, se desejassem. Estes questionários foram enviados para o endereço eletrônico dos participantes e estes tiveram um prazo de 3 semanas para enviar suas respostas e seus comentários.

O envio do questionário foi realizado em três ciclos. No primeiro os participantes deram suas respostas baseadas em fatores que individualmente consideraram importantes. No segundo ciclo, estas respostas foram consolidadas, pois nesta etapa os participantes tiveram a chance de alterar suas respostas prévias, com base nas respostas provenientes do primeiro ciclo. Caso realizassem alterações deveriam justificar a mudança. Para a finalização do método, foi realizado o terceiro ciclo, em que os participantes tiveram a última oportunidade de rever e alterar suas respostas, mediante conhecimento dos dados da etapa anterior.

3.3.3 Análise e moderação do método

Os resultados obtidos, a cada etapa, foram submetidos a medidas estatísticas como média aritmética, mediana e desvio padrão, e retornaram ao grupo juntamente com os comentários relevantes acerca das colocações feitas tanto pelo mediador (autor do trabalho) quanto pelos demais participantes. Isso permitiu que os participantes revisassem suas estimativas e respostas, se julgassem conveniente. O resultado final do método foi então obtido com os dados ponderados da última etapa.

Após a análise e confirmação da viabilidade destes indicadores e parâmetros pelo Método Delphi, foi proposta uma metodologia para avaliação do estado do curso d'água e das pressões a que pode estar submetido, utilizando os indicadores propostos e parâmetros. Esse método é descrito a seguir.

3.4 Método para avaliação dos cursos d'água urbanos utilizando os indicadores e parâmetros propostos

A forma de análise por meio dos indicadores, proposta nos itens abaixo, é uma alternativa para facilitar a avaliação desses indicadores em um curto espaço de tempo, sendo a maioria das análises relativas aos indicadores, realizadas visualmente ou através de fotografias aéreas e de imagens de satélite, informações obtidas juntamente com a população local e documentos da área.

Já que um dos principais problemas em relação à utilização visual dos indicadores é a subjetividade, pois cada pessoa pode ter uma visão diferente sobre os impactos ao meio ambiente, foram propostos diferentes itens, contidos em tabelas, descrevendo situações, para diminuir essa interferência, sendo atribuído a cada item um grau de intensidade relativo aos impactos verificados.

O trabalho considerou para a avaliação dos cursos d'água, utilizando esta metodologia, apenas a faixa dos 30 metros considerada como área de preservação permanente, segundo o Código Florestal 4.771 de 1965.

3.4.1 Análise do indicador “Mata Ciliar”

O indicador “Mata ciliar” tem como objetivo fornecer dados sobre a integridade da vegetação na zona de proteção legal, transmitindo informações quanto à quantidade e qualidade da vegetação. Para isso foram atribuídos 2 parâmetros: “Corte ou remoção da vegetação” e “Substituição parcial da vegetação natural por vegetação exótica”.

1) Corte ou remoção da vegetação

O parâmetro pode ser obtido por meio da análise de fotografias aéreas, utilizando-se de algumas ferramentas para se obter a área total protegida pelo Código Florestal 4.771 de 1965, e dentro dessa zona de proteção legal, verificar a área de vegetação restante.

Através de uma simples equação, é possível obter a porcentagem de vegetação restante em relação à área protegida, excluindo a possibilidade da subjetividade do avaliador.

$$Am = \frac{Ap}{At} \times 100$$

Em que:

Am: Porcentagem de vegetação na área de proteção legal

At: Área total de proteção legal;

Ap: Área de vegetação na faixa zona de proteção legal;

A partir do valor obtido pela equação, enquadra-se o resultado em um dos itens abaixo, obtendo-se o respectivo grau de intensidade relativo ao impacto da vegetação removida.

Tabela 3.2 – Impactos da remoção da Mata Ciliar

Itens	Impactos
Mata ciliar preservada (mais de 85 %)	0
Presença de até 85 % de mata ciliar	1
Presença de 70 % a 85 % de mata ciliar	2
Presença de 50 % a 70 % de mata ciliar	3
Presença de 25 % a 50 % de mata ciliar	4
Ausência ou abaixo de 25 % de mata ciliar	5

2) Corte ou remoção da vegetação

O parâmetro pode ser obtido com base em observações em campo verificando a cobertura vegetal da área e, caso tal cobertura exista, pela análise de suas características por comparação com a cobertura vegetal de áreas próximas preservadas. Deve-se verificar a presença de espécies

exóticas implantadas inadequadamente e se no local ocorreu a substituição total ou parcial da vegetação natural por essas espécies. Como auxílio pode-se utilizar de fotografias áreas, de forma a visualizar a ocorrência de pontos de vegetação exótica.

Caso haja dificuldades, ou se não for possível a comparação da vegetação do trecho em questão com partes do trecho preservado, pode-se recorrer à observação de outros locais próximos de vegetação preservada, que permita a comparação. Pode-se, ainda, utilizar-se de fotografias de datas pretéritas, como suporte de análise.

Os itens abaixo descrevem os diferentes graus de intensidade do impacto relativo à presença e quantidade de espécies exóticas, em relação à vegetação natural.

Tabela 3.3 - Impactos da substituição total ou parcial da vegetação natural

Itens	Impacto
Mais de 70% de vegetação natural	0
Predomínio de vegetação natural (até 70%) com poucos pontos de vegetação exótica (até 30%)	1
Predomínio da vegetação natural (70% a 55%) com diversos pontos de vegetação exótica (30% a 45%)	2
Aproximadamente a mesma área de mata ciliar e de vegetação exótica (55% a 45% ambos)	3
Predomínio da vegetação exótica (acima de 70%) sendo a maior parte de pequeno porte	4
Predomínio da vegetação exótica (Acima de 70%) sendo a maior parte de grande porte	5

3.4.2 *Análise do indicador “Erosão e Assoreamento”*

O indicador “Erosão e Assoreamento” visa a identificação de feições erosivas na área e pode ser, ao mesmo tempo, um indicador de estado atual e uma pista para predição de cenários futuros, se associada a outros fatores como alteração em relevo e solos. Sua definição deve ser feita, de forma prioritária, via observações em campo. Dessa forma foram atribuídos 3 parâmetros: “Processos erosivos visíveis nas margens”, “Presença de sedimentos nas margens” e “Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos”.

1) Processos erosivos visíveis nas margens

No local do trecho em questão devem-se analisar visualmente os pontos de erosão e se estes comprometem a estabilidade das margens do curso d' água. Na tabela abaixo, foram atribuídos graus de intensidade à esses impactos, levando em consideração o estado da erosão e a estabilidade das margens.

Tabela 3.4 - Impactos dos pontos de erosão a margem

Itens	Impactos
Ausência de pontos de erosão	0
Os pontos de erosão não comprometem a estabilidade das margens	2
Os pontos de erosão comprometem a estabilidade das margens	4
Trecho totalmente erodido, margens e leito totalmente degradados	5

2) Presença de sedimentos nas margens

Dados em relação a esse parâmetro podem ser obtidos visualmente no local. É necessária a observação das margens quanto à presença de sedimentos e avaliação da magnitude desses sedimentos no próprio curso d' água, verificando suas possíveis origens. Esta verificação é de extrema importância, pois é através dela que será atribuído o grau de impacto que os sedimentos das margens causam ao curso d' água, física e quimicamente.

Os itens da tabela abaixo descrevem a quantidade de sedimentos e a contribuição destes para o assoreamento, atribuindo-se graus de intensidade para esses estados.

Tabela 3.5 - Impacto da presença de sedimento das margens

Itens	Impactos
Margem com ausência ou quantidade insignificante de sedimentos (contribuição insignificante para o assoreamento do curso d' água)	0
Margem com pouca quantidade de sedimentos (contribui para o assoreamento do curso d' água)	2
Margem com excesso de sedimentos (principal agente responsável pelo assoreamento do curso d' água)	4
Margem totalmente ocupada por sedimentos (principal agente responsável pelo assoreamento do curso d' água)	5

3) Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos

Através da verificação visual do local pode-se facilmente realizar a análise das modificações causadas pelo assoreamento no curso d' água, verificando a ocorrência de obstrução ou alguma interferência no fluxo de água, causada pelo acúmulo de sedimentos. Com base nessas interferências, foram atribuídos graus de impactos relativos a essas obstruções.

Tabela 3.6 - Impactos do assoreamento sobre o fluxo d' água

Itens	Impactos
Ausência de assoreamento e obstruções do leito	0
Presença de trechos assoreados com pouca obstrução do fluxo d'água	2
Trecho assoreado com grande obstrução do fluxo d'água	4
Trecho extensivamente assoreado com grande interferência do fluxo d'água (Assoreamento causado por grandes quantidades de sedimentos, exemplo desmoronamentos)	5

3.4.3 Análise do indicador “Modificações no Curso d’Água”

Este indicador tem como objetivo identificar as modificações físicas, geralmente estruturais, realizadas ao longo do trecho. Dessa forma foram utilizados 7 parâmetros: “Retificação da seção transversal”, “Mudança de revestimento da seção transversal”, “Canalização ou tamponamento do trecho”, “Corte de meandros”, “Retirada da água sem modificação estrutural”, “Retirada de água sem modificação estrutural” e “Obstrução por pontes ou travessias inadequadas”.

1) Retificação da seção transversal

No local deve-se observar as modificações realizadas na seção transversal do curso d’ água verificando se ocorreu alguma forma de retificação na seção. Com base nas retificações presentes nas margens e no fundo do curso d’ água foram atribuídos graus de impactos, dispostos na tabela abaixo.

Tabela 3.7 - Impacto relativo a retificação dos lados ou fundo do curso d’ água

Itens	Impactos
Seção transversal sem alteração	0
Seção transversal com retificação em um dos lados ou no fundo do curso (apenas uma retificação)	2
Seção transversal com retificação nos dois lados do curso ou no fundo e em um dos lados (duas retificações)	4
Seção transversal totalmente retificada	5

2) Mudança de revestimento da seção transversal

Na análise, é preciso observar o tipo de revestimento utilizado na seção transversal do curso d’ água, levando-se em consideração se trata de um revestimento que apresenta rugosidade significativa ou se são revestimentos lisos, que procuram ao máximo diminuir a rugosidade.

Tabela 3.8 - Impactos do revestimento no curso d' água

Itens	Impactos
Não ocorreu mudança no revestimento da seção transversal (canal natural)	0
Utilização de revestimento com significantes protuberâncias, em parte da seção transversal (enrocamento, pedra lançada ou gabiões, canais escavados em terra com cobertura de grama e semelhantes)	1
Utilização de revestimento com significantes protuberâncias, em toda a seção transversal (enrocamento, pedra lançada ou gabiões, canais escavados em terra com cobertura de grama e semelhantes)	2
Utilização de revestimento liso em parte da seção transversal (Canais de concreto e Materiais com rugosidade semelhante)	4
Utilização de revestimento liso em toda seção transversal (Canais de concreto e Materiais com rugosidade semelhante)	5

3) Canalização ou tamponamento do trecho

O parâmetro pode ser obtido por meio de visitas em campo e análise de fotografias aéreas, devendo-se verificar o comprimento do curso d' água que se encontra tamponado ou canalizado.

Através da equação abaixo, é possível obter a porcentagem do trecho canalizado em relação ao trecho total.

$$L_{ct} = \frac{L_{canalizado}}{L_t} \times 100$$

L_{ct}: Porcentagem de trecho canalizado

L_t: Comprimento total do curso d' água

L_{canalizado}: Comprimento do trecho canalizado

A partir do valor obtido pela equação, enquadra-se o resultado em um dos itens abaixo, obtendo-se o respectivo grau de intensidade relativo ao comprimento do trecho canalizado ou tamponado.

Tabela 3.9 - Impactos da canalização dos trechos

Itens	Impacto
Trecho sem canalização	0
Presença de até 25 % do trecho canalizado	2
Presença de 25 % a 50 % do trecho canalizado	3
Presença de mais de 50 % do trecho canalizado	5

4) Corte de meandros

Para obtenção desse parâmetro é necessário verificar, em campo, se os meandros do curso d' água sofreram alguma forma de interferência nas suas sinuosidades. Pode-se fazer uma comparação com outros trechos que não sofreram interferência em relação aos meandros ou com fotos antigas do local. Utilizando a equação abaixo, é possível obter a porcentagem do trecho com alteração nas suas sinuosidades em relação ao trecho total. O valor obtido deve ser enquadrado um dos itens da tabela 3.10, que apresenta os respectivos graus de impactos em relação ao comprimento do trecho que sofreu modificação

$$Lm = \frac{Lret}{Lt} \times 100$$

Lm: Porcentagem do trecho com modificação nos meandros

Lt: Comprimento total do curso d' água

Lrt: Comprimento do trecho onde ocorreu interferência dos meandros

Esse parâmetro deve ser observado após a obtenção dos parâmetros “Retificação da seção transversal”, “Mudança de revestimento da seção transversal” e “Canalização ou Tamponamento do trecho”, já que as respostas desses parâmetros, em conjunto com as fotografias aéreas, auxiliarão na análise das modificações ocorrida nos meandros.

Tabela 3.10 - Impacto das modificações dos meandros

Itens	Impacto
Trecho sem alteração dos meandros	0
Presença de até 25% do trecho com alteração nas sinuosidades do perfil longitudinal curso d' água.	2
Presença de 25% a 50% do trecho com alteração nas sinuosidades do perfil longitudinal curso d' água.	3
Presença de mais de 50% do trecho com alteração nas sinuosidades do perfil longitudinal curso d' água.	5

5) Retirada da água sem modificação estrutural do curso d' água

Em visita ao trecho, deve-se verificar se ocorre alguma forma de retirada de água por bombeamento, condutos coletores, ou outras formas sem que ocorra modificação do curso d' água.

Para verificação do impacto, deve-se avaliar a quantidade aproximada de água retirada, em comparação com a vazão do curso d' água, fazendo a análise da vazão mínima se for possível. Com base no impacto em relação à quantidade de água retirada do trecho, por um ou mais sistemas de coletas, foram atribuídos graus de impactos conforme a tabela abaixo.

Tabela 3.11 - Impacto da retirada de água sem modificação do curso d' água

Itens	Impacto
Não foram verificados sistemas de retirada d' água	0
Ocorre a remoção de água, por algum sistema de coleta	3
Ocorre a remoção de água, por um ou diversos sistemas de coletas, causando grande impacto na vazão do curso d' água	5

6) Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água

No trecho, deve-se observar se ocorre alguma forma de retirada de água com alteração estrutural do curso d' água, como desvios, por exemplo.

Se for verificada a existência dessa forma de retirada de água, deve-se atribuir grau de impacto máximo a esse parâmetro, conforme a tabela abaixo.

Tabela 3.12 - Impacto da retirada de água com modificação estrutural do curso d' água

Itens	Impacto
Não foram verificados desvios no curso d' água	0
Ocorre desvio no curso d' água, para utilização em alguma atividade (Agricultura, indústria, etc.)	5

7) Obstruções por pontes e travessias inadequadas

Deve-se verificar no trecho a intensidade com que obras estruturais como pontes, travessias inadequadas, galerias, entre outros, obstruem o fluxo do curso d' água. Com base nessas obstruções deve-se atribuir o grau de impacto em função da tabela 3.13

Tabela 3.13 - Impactos de pontes, travessias inadequadas e outras obras similares sobre o curso d' água

Itens	Impacto
Não existem obras	0
Não ocorre estrangulamento da seção transversal	1
Ocorre estrangulamento da seção transversal	3
Ocorre estrangulamento da seção transversal e acúmulo de sedimentos	5

3.4.4 Análise do Indicador “Poluição”

O objetivo desse indicador é identificar as principais formas e origem da degradação da qualidade do curso d' água, através da verificação da ocorrência de lançamento de efluentes e dos resíduos

depositados irregularmente no entorno do curso. Para isso foram propostos 3 parâmetros: “Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d’ água”, “Lançamento de efluentes, conexões de esgoto” e “Lançamento de água pluviais urbanas”

1) Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d’água

Deve-se observar a presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito do curso d’ água, averiguando a quantidade, suas características e suas dimensões. Em função desses fatores foram descritos itens e atribuídos graus de intensidade aos impactos.

Caso se verifique a ocorrência de diversos resíduos, com diversas características, deve-se proceder para a escolha do impacto considerando os resíduos mais impactantes ao meio ambiente.

Tabela 3.14 - Impacto dos resíduos depositados nas margens do curso d’ água

Itens	Impactos
Ausência ou quantidade insignificante de resíduos	0
Resíduos sólidos com pequenas dimensões, com possibilidade de remoção manual (sacolas, embalagens, garrafas pet e dimensões semelhantes)	1
Resíduos sólidos com grandes dimensões, sendo necessário o uso de maquinário para remoção (mobiliários, eletrodomésticos, pneus e dimensões semelhantes)	3
Resíduos diversos contaminados (Lixo doméstico com possibilidade de produção de chorume, embalagens com produtos químicos entre outros)	5

2) Lançamento de efluentes e conexões de esgotos

Foram propostas duas alternativas para a obtenção desse parâmetro. A primeira consiste de verificação visual no local e a outra, de métodos rápidos, e precisos, por amostragem de água, eliminando as incertezas do método visual. A escolha destas alternativas, porém, depende do objetivo do trabalho realizado. Neste trabalho realizou-se apenas a alternativa 1.

- **Alternativa 1**

Verificação visual através da visualização de pontos de lançamentos verificados ao longo do curso d' água, analisando se a vazão dos efluentes despejados é ou não significativa em relação à vazão do curso d' água. Com base nessas informações, enquadra-se a situação em um dos itens descritos na tabela 3.15, atribuindo-se o grau de impacto.

Tabela 3.15 - Impactos do lançamento dos efluentes

Itens	Impactos
Não foram verificados pontos de lançamento em todo o curso d' água.	0
Presenças de poucos pontos pontuais de lançamento de efluentes domésticos, com pequena vazão em relação ao curso d' água.	3
Presença de diversos pontos de lançamento; pontos com vazões consideráveis em relação ao curso d' água; atividades comerciais; atividades indústrias com lançamento de efluentes no corpo receptor.	5

- **Alternativa 2**

Nesse parâmetro foi escolhido como indicador de poluição das águas os micro-organismos do grupo dos coliformes fecais, para averiguar possível lançamento de efluentes domésticos, já que estes indicam contaminação por material fecal. Existem atualmente métodos alternativos que permitem identificar esses micro-organismos em amostras de água, de forma rápida, exata e sem a necessidade de muitos recursos materiais para a análise.

Porém, se no local for verificada a presença de alguma atividade industrial, deve-se realizar uma consulta com a Prefeitura e com a Indústria para verificar se o efluente industrial é lançado em algum sistema coletor de esgoto ou se em ligações clandestinas, que possam ser lançadas no curso d' água. Caso essa indústria tenha conexões

irregulares ou não se consiga a informação, é necessária uma análise mais detalhada da água, se for preciso.

O quadro de impactos abaixo foi desenvolvido com base na Resolução CONAMA n° 274/2000 que define critérios para a classificação de águas destinadas à recreação de contato primário. Segundo os critérios estabelecidos nesta resolução as águas doces, salobras e salinas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário) têm suas condições avaliadas como “própria” e “imprópria”.

Tabela 3.16 - Limites de coliformes no curso d' água

Itens (Limite de Coliforme Fecal NMP/100ml)	Impactos
Até 250 considerada própria e de excelente qualidade	0
De 250 a 500 considerada própria e de muito boa qualidade	1
De 500 a 1000 considerada própria e qualidade satisfatória	2
Acima de 1000 considerada imprópria	4
Acima de 5000	5

Os impactos referentes às atividades industriais, quando for necessário, devem levar em consideração os limites da Resolução CONAMA 357/2005, em que são estabelecidos os padrões de lançamentos de acordo com a classe do corpo receptor, e limites Municipais e Estaduais específicos. Deve-se atribuir grau de impacto 5 se forem ultrapassados os parâmetros estabelecidos por estas leis.

3) Lançamento de águas pluviais urbanas

Deve-se verificar se nos pontos de lançamento de água pluvial existem conexões irregulares de esgoto, pela análise visual dos aspectos da água. Caso tenha sido confirmada a presença do esgoto em conjunto com a água pluvial, será atribuído o impacto máximo conforme a tabela abaixo, não sendo necessária a análise da água, já que a presença de esgoto foi confirmada desta forma. Porém, se não for confirmada a presença de esgoto, dependendo da finalidade de utilização do parâmetro, deve-se realizar as análises citadas acima, de pontos de saída de água pluvial, para confirmar que não existe lançamento de esgoto.

O parâmetro não leva em consideração a vazão do efluente lançado.

Tabela 3.17 - Impacto do lançamento de água pluvial

Itens	Impactos
Não foi visualizado despejo de esgoto em conjunto com a água pluvial	0
Fica evidente o lançamento de efluente doméstico em conjunto com a água pluvial	5

3.4.5 Análise do indicador “Edificações”

O objetivo desse indicador é identificar as principais estruturas que causam a impermeabilização no entorno do curso d’ água e qual a natureza destas estruturas. Para isso foram propostos 2 parâmetros: “Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública” e “Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública”

1) Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública

Deve-se verificar a natureza das estruturas (comerciais, industriais ou da administração pública), e por fotografias aéreas verificar a porcentagem de área impermeabilizada por essas estruturas. Esse parâmetro, preferencialmente, deve ser analisado após o indicador “Mata Ciliar”, que serve de auxílio à obtenção do parâmetro em questão.

Tabela 3.18 - Impactos da impermeabilização por edificações

Itens	Impactos
Ausência de Impermeabilização	0
Até 10% de impermeabilização	1
De 10% a 25% de impermeabilização do trecho	2
De 25% a 50% de impermeabilização do trecho	3
De 50% a 75% de impermeabilização do trecho	4
Mais de 75% de impermeabilização do trecho	5

2) Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública

De forma semelhante ao parâmetro anterior, deve-se verificar a natureza das estruturas (áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública e similares) e, por meio de fotografias aéreas, verificar a porcentagem de área impermeabilizada por essas estruturas. Neste caso, deve ser levado em consideração apenas partes dessas áreas que impermeabilizam o solo, desconsiderando as áreas verdes existentes, como no caso de parques, bosques, entre outros.

Tabela 3.19 - Impactos da impermeabilização causada por áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública

Itens	Impactos
Ausência de Impermeabilização	0
Até 10% de impermeabilização	1
De 10% a 25% de impermeabilização do trecho	2
De 25% a 50% de impermeabilização do trecho	3
De 50% a 75% de impermeabilização do trecho	4
Mais de 75% de impermeabilização do trecho	5

3.5 Ficha de caracterização do estado de degradação de cursos d'água urbanos

Devido à grande quantidade de informações necessárias para a elucidação da degradação do curso d'água, pela utilização dos indicadores e parâmetros propostos, foi adaptada do trabalho de Costa (2008) uma ficha que visa auxiliar na qualificação das formas de degradação nos cursos d' água.

Essa ficha tem como objetivo ordenar e qualificar as formas de degradação com base nos indicadores propostos, visando auxiliar na avaliação do impacto ambiental nos cursos d' água urbanos.

A ficha abaixo orienta a metodologia, já que nela são descritos os fatores mais relevantes que indicam a degradação no curso d' água, justificando o valor do impacto que posteriormente será atribuído.

Os parâmetros foram dispostos de tal forma que a descrição na ordem proposta oferece subsídios para descrição dos parâmetros

posteriores, facilitando ainda mais a análise desses indicadores. Na elaboração da ficha estabeleceu-se, portanto, uma lógica pré-definida, que facilita sua aplicação.

Tabela 3.20 – Ficha de Caracterização da degradação

Impacto	Descrição do Indicador		Grau do Impacto por margem
	Margem Esquerda	Margem Direita	
1.1. Corte ou remoção da vegetação			
1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas			
2.1. Processos erosivos visíveis nas margens			
2.2. Presença de sedimentos no leito			
2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos			
3.1. Retificação da seção transversal			
3.2. Mudança de revestimento da seção transversal			
3.3. Canalização ou tamponamento			
3.4. Corte de meandros			
3.5. Retirada da água clandestinamente sem modificação estrutural do curso d'água – condutos coletores ou bombeamento			
3.6. Retirada da água clandestinamente com modificação estrutural do curso d'água – desvios			
3.7. Obstruções por pontes e			

travessias inadequadas		
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água		
4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos		
4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas		
5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais, ou da administração pública		
5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia.		

3.6 Aglutinação dos indicadores e parâmetros

Primeiramente, fez-se necessário estabelecer um *Fator de Ajuste* para que os parâmetros não ficassem desproporcionais, já que os indicadores, entre si, foram compostos por números diferentes de parâmetros. Para melhor entendimento pode-se tomar como exemplo o Indicador “Mata Ciliar”, um indicador composto de 2 parâmetros, dentre os 17 parâmetros totais propostos. Para a obtenção do fator de ajuste de seus parâmetros, divide-se o número de parâmetros do indicador em questão pelo número total de parâmetros. Logo para a obtenção do fator de ajuste dos parâmetros do Indicador “Mata Ciliar”, tem-se que $2/17=0,12$

Com o estabelecimento do *Fator de Ajuste* de cada parâmetro foi possível estabelecer o *Peso Ajustado* a cada parâmetro. Esse *Peso Ajustado* é o valor obtido pela multiplicação do *Peso do Parâmetro* (que correspondente a média do parâmetro obtido na última etapa do Método

Delphi), pelo *Peso do Indicador* a que está relacionado (que corresponde a média do indicador obtido na última etapa do Método Delphi) e pelo *Fator de Ajuste* específico do parâmetro (ver tabela 4.2). Logo para obtenção do *Peso Final* do parâmetro “Corte ou remoção de vegetação”, por exemplo, tem-se que :

$0,12$ (*Fator de Ajuste*) \times $72,9$ (Média do Parâmetro Obtida no Delphi = *Peso do Parâmetro*) \times $22,4$ (Média do Indicador Obtida no Delphi = *Peso do Indicador*) = $192,11$ (*Peso Final*)

Este *Peso Ajustado* corresponde ao número que deve ser multiplicado pelo valor do impacto atribuído a cada parâmetro, no preenchimento da Ficha de Caracterização do trecho analisado, obtendo-se assim o *Peso Final* para cada parâmetro. Pelo somatório do *Peso Final* dos parâmetros de cada trecho, obtêm-se o resultado final indicativo da sua degradação.

3.7 Aplicação da metodologia para o estudo de caso

3.7.1 Definição do local de estudo

A escolha da Bacia do Rio do Meio como objeto deste estudo decorre primeiramente do curso d’água atravessar uma área urbanizada, encontrando-se em área de fácil acesso, sendo viável para aplicação e validação da metodologia proposta. Outro diferencial para a escolha desta bacia é a disposição da intensidade de impacto urbano sofrido no decorrer do curso d’água, desde áreas sem interferências até áreas intensamente degradadas, dando a oportunidade de aplicação da metodologia proposta em situações distintas.

A análise apresentada compreende apenas a área de drenagem correspondente ao tramo superior do curso d’água, conforme será melhor caracterizado no item posterior.

3.7.2 Descrição do local de estudo

O local escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso, visando à aplicação da metodologia proposta, é o curso d’água do Rio do Meio que pertence à Bacia Hidrográfica do Itacorubi, localizada no município de Florianópolis – SC. A análise compreende apenas a área de drenagem correspondente ao tramo superior do curso d’água.

A Bacia do Itacorubi está localizada na região leste da Ilha de Santa Catarina, no município de Florianópolis, entre as coordenadas de 27°34'07" – 27°37'57" de latitude Sul e 48°28'25" – 48°33'00" de longitude Oeste.

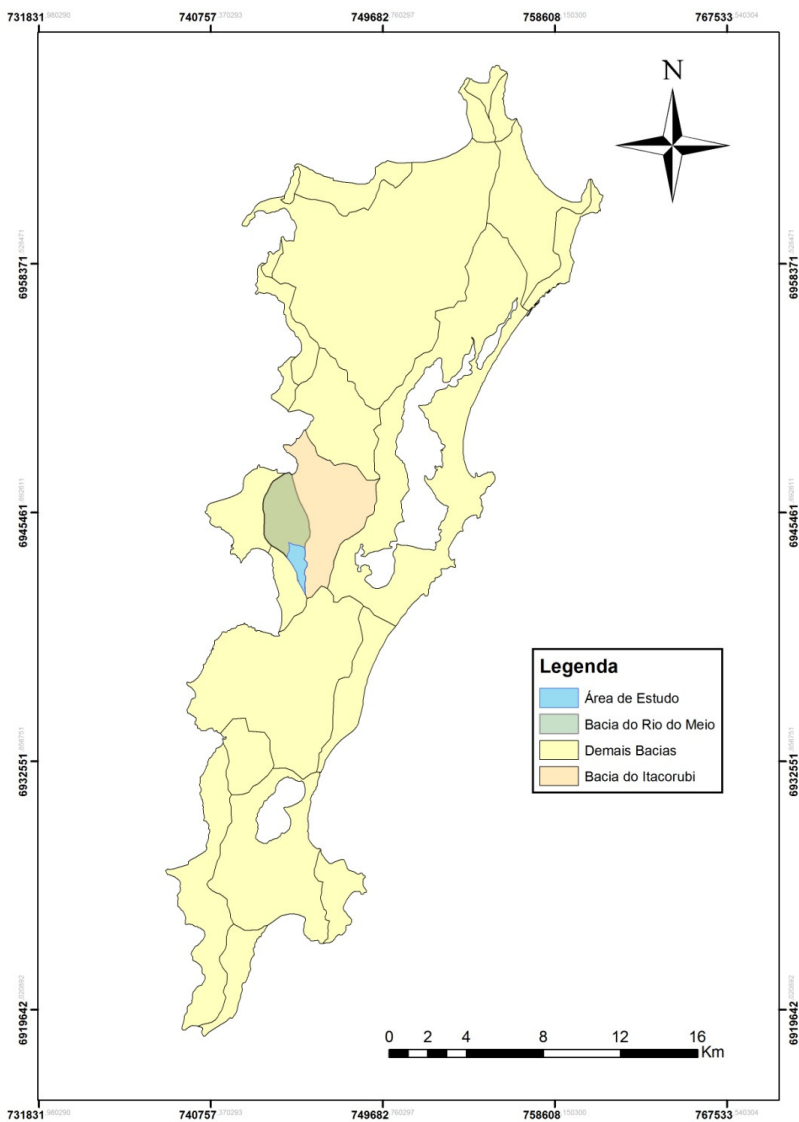


Figura 3.3 - Localização da área de estudo

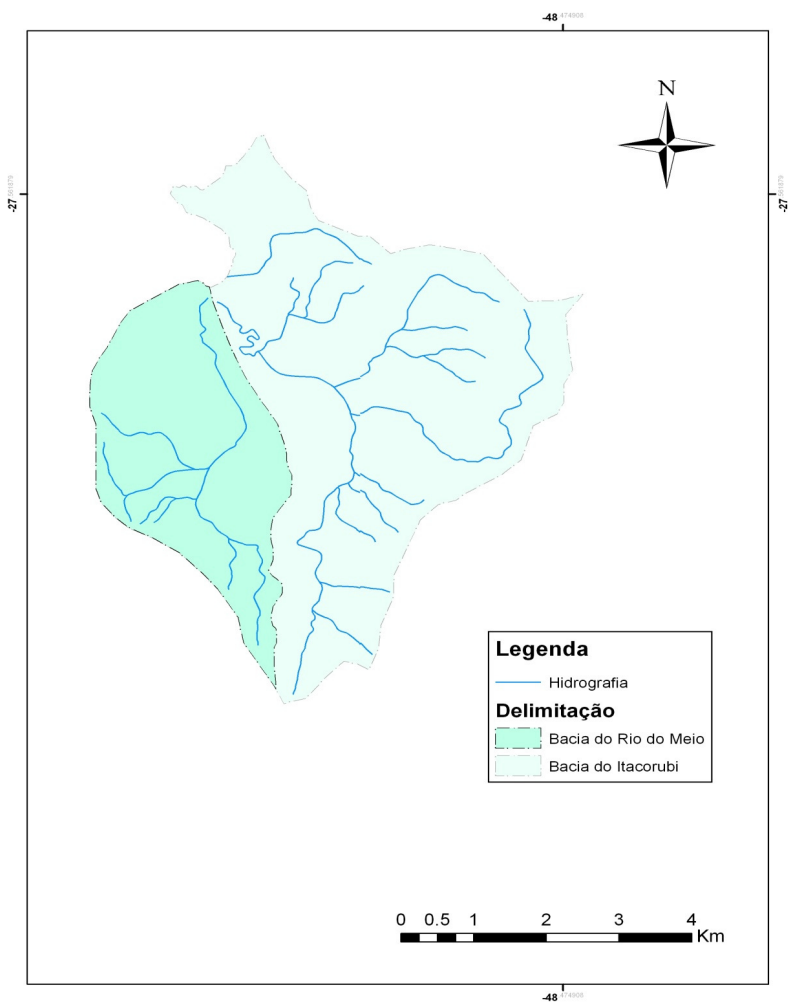


Figura 3.4 - Bacia Hidrográfica do Rio do Meio

A Bacia do Itacorubi possui grande parte de sua área urbanizada e concentra inúmeras atividades nos setores administrativo, comercial e de serviços. Dentre as principais instituições, serviços e empreendimentos situados na Bacia Hidrográfica do Itacorubi destacam-se a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), ELETROSUL, TELESC, Brasil Telecom S. A. Empresa de Telecomunicação, EPAGRI, Secretaria Municipal de Saúde e a Companhia integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC).

Ao lado dos rios Itacorubi, Córrego Grande e do Sertão, o Rio do Meio é um dos quatro cursos d'água mais importantes da Bacia do Itacorubi. Na verdade, o Rio do Meio atravessa o campus universitário da UFSC e deságua no Rio Sertão, que por sua vez é um tributário do manguezal do Itacorubi. Sua localização geográfica está exposta na Figura 3.3. A Bacia do Rio do Meio possui área de 4,45 Km² e seu principal curso d'água atinge 4 km de comprimento, de acordo com a Figura 3.4.

Conforme mencionado anteriormente, conclui-se que com todas as instituições, serviços e empreendimentos presentes nas redondezas, a bacia do Rio do Meio está situada em uma área de expansão urbana. De acordo com Pereira *et al* (2009), é notória a evidência de eventos que confirmam estes aspectos, tais como a frequência de casas que possuem muros adjacentes à margem do rio, a grande quantidade de vias com declividade elevada sem planejamento prévio, e o lento processo de substituição de áreas residenciais unifamiliares por edifícios multifamiliares, caracterizando uma verticalização na região, aumentando sua densidade populacional.

No tocante ao relevo característico desta bacia (Figura 3.5), percebe-se a partir do mapa hipsométrico que ela se divide em dois trechos absolutamente distintos. A região da nascente da bacia apresenta grandes altitudes, enquanto mais a jusante tem-se uma grande área plana com altitude próxima ao nível do mar. Esta área caracteriza-se pela região mais densamente ocupada da bacia, onde se destaca o campus da UFSC.

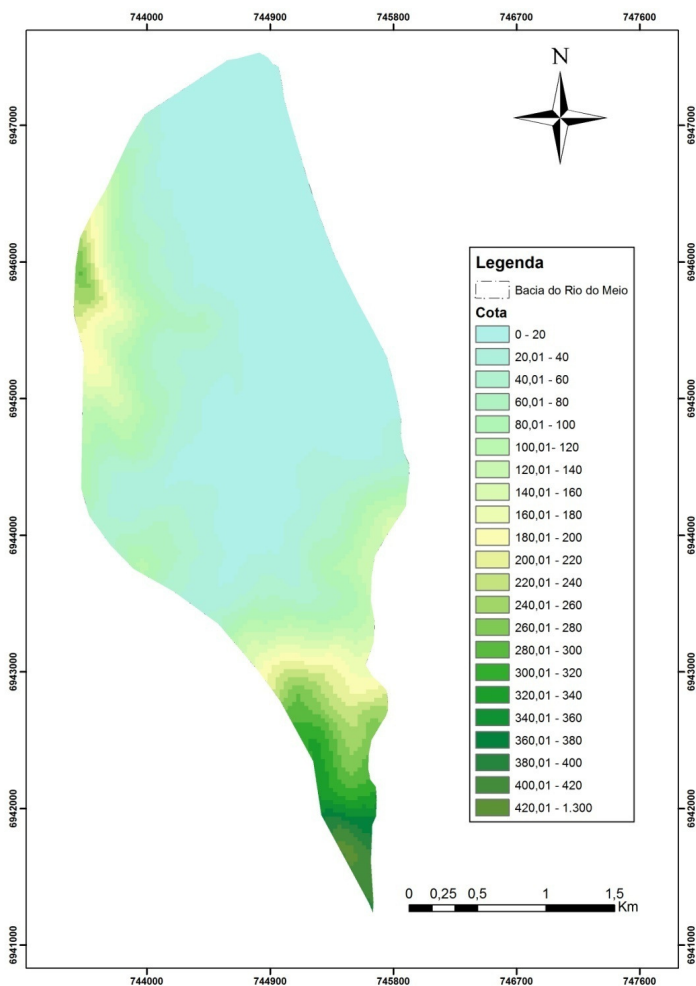


Figura 3.5 - Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio do Meio

O perfil longitudinal do Rio do Meio possui dois trechos distintos: um trecho íngreme com declividade de 15% (ver Figura 3.6) e outro suave com 0,76%. Segundo Pereira et al (2009), o trecho inferior, com baixa declividade, atravessa o Campus da UFSC e todo o percurso sofreu alterações de traçado longitudinal e mudança da seção

transversal. A exutória deste trecho é constituída por um bueiro com três células retangulares de 3 m de largura por 2,13 m de altura, atravessando a Av. Jornalista Rubens de Arruda Ramos (Beira-mar Norte), ao lado do Hospital Universitário, dali compondo-se ao Manguezal do Itacorubi.

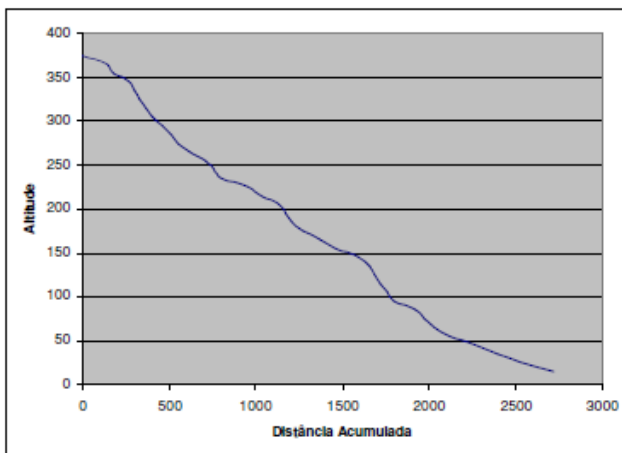


Figura 3.6 - Perfil longitudinal do Rio do Meio no trecho superior (Pereira *et al*, 2009)

O local de estudo do presente trabalho se restringe ao trecho superior da Bacia do Rio do Meio, podendo ser melhor visualizado na Figura 3.7. De acordo com Pereira et al (2009), trata-se do tramo de maior declividade, atingindo nas cabeceiras altitudes de 300 a 400 metros de altitude, onde encontra-se vegetação em diversos estágios. Ainda em relação à vegetação, este tramo possui um aspecto peculiar, visto que possui dois tipos de ocupação do solo: à jusante é encontrado áreas em plena expansão urbana, enquanto a medida que avançamos a montante estas áreas dão lugar a vegetação natural. Estão presentes matações neste trecho da bacia de drenagem durante toda a extensão do curso d'água, com diâmetros entre 200 mm a 1m, carreados a jusante em enxurradas de grande fluxo.

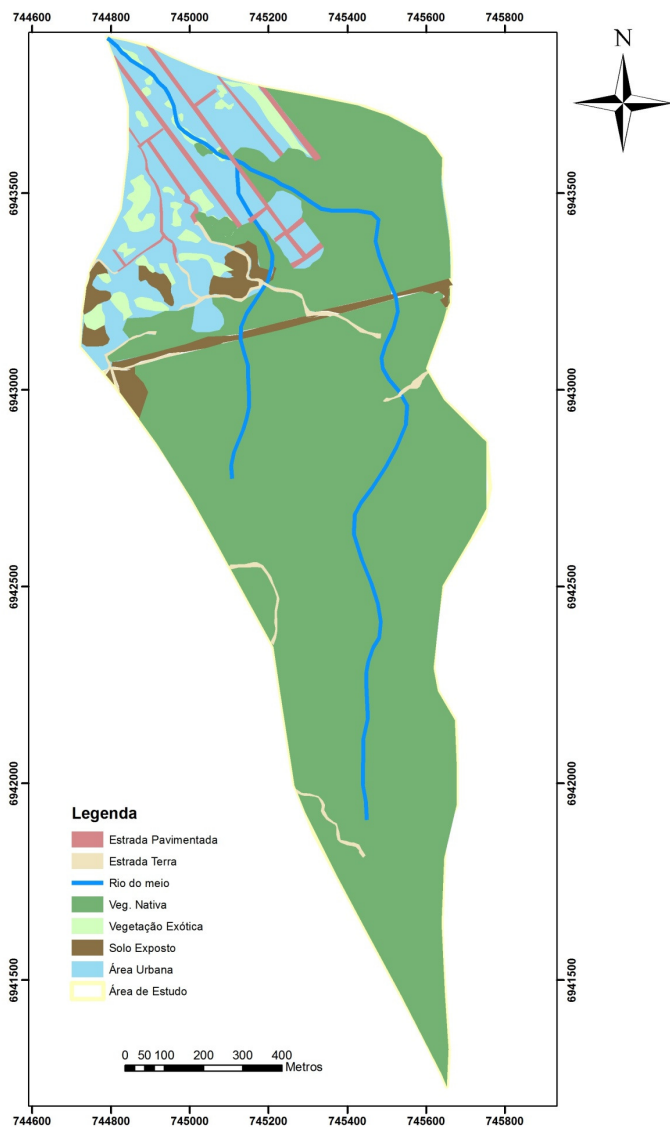


Figura 3.7 - Uso e ocupação do solo para o trecho superior da bacia do Rio do Meio

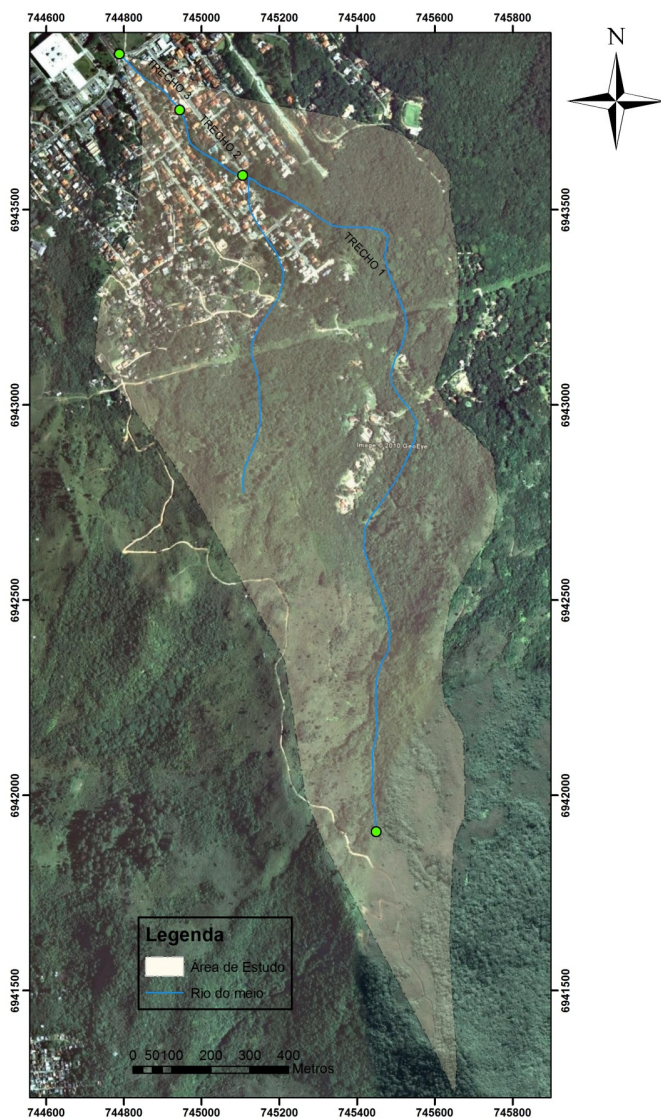


Figura 3.8 - Foto Aérea do Local de Estudo

3.7.3 Definição dos trechos

Conforme mencionado anteriormente, a área de estudo restringe-se ao tramo superior da Bacia do Rio do Meio. Para melhor caracterizá-lo, considerou-se uma subdivisão do principal curso d'água em três trechos, de acordo com a Figura 3.8.

A divisão proposta teve como objetivo definir trechos com características de uso do solo semelhantes, caracterizando assim, três trechos distintos entre si, de acordo com a tabela 3.21. A definição dos trechos foi definida a partir de análise de cartas topográficas e fotografias aéreas, com o auxílio de materiais cedidos pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) e pela utilização do software Google Earth.

Tabela 3.21 - Extensão dos trechos

Trecho	Comprimento (m)
1	1744,00
2	219,33
3	183,44

O trecho 1 deveria ter sido dividido em módulos de tamanhos semelhantes aos trechos 2 e 3, porém, devido as características do mesmo não foi necessária essa divisão já que seriam obtidos módulos essencialmente iguais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados e discussões do Método Delphi

O método teve início com o envio do questionário a 25 especialistas. Dentre estes, 17 mostraram interesse em participar do método, enviando suas respostas relativas à primeira etapa em um prazo máximo de 3 semanas. Os resultados foram analisados estatisticamente, verificando a média, mediana e desvio padrão das respostas do grupo. Após a verificação desses dados o questionário retornou aos participantes com o resultado obtido na análise juntamente com suas respostas individuais. Nesta segunda etapa, portanto, os participantes puderam comparar suas respostas com as do grupo como um todo, julgando necessário ou não realizar mudanças. De forma similar à etapa anterior, após três semanas as respostas deveriam ser enviadas para nova análise. Na terceira etapa nenhum participante julgou necessário alterar suas respostas, confirmando, portanto, as respostas da etapa anterior. Dentre os 17 participantes iniciais, houve apenas 1 desistência ao final do método.

De acordo com a tabela 4.1 verifica-se que entre as etapas ocorreu uma diminuição no valor do desvio padrão, seguindo a lógica do método, que busca um consenso de opinião entre os participantes. Porém esse valor apresentou-se relativamente elevado nas etapas, o que pode ser explicado pelas divergentes opiniões dos participantes em relação à complexidade do tema e já que todas as opiniões individuais foram consideradas, não sendo excluído nenhum dos resultados. Além disso, é relevante a grande quantidade de parâmetros em função do Indicador “Modificações nos Cursos d’Água”. Entretanto, em relação à diversos outros trabalhos que utilizaram a metodologia para o mesmo fim, verifica-se que os valores de desvio padrão para os parâmetros, com algumas exceções, foram relativamente baixos.

Tabela 4.1 - Resultados das Etapas do Método Delphi

Parâmetros	1º ETAPA			2º ETAPA		
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Média	Desvio Padrão	Mediana
1.1 Corte ou remoção da vegetação	71,5	9	70	72,9	8	75
1.2 Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	28,5	9	30	27,1	8	25
2.1 Processos erosivos visíveis nas margens	36,2	6	35	37,4	6	35
2.2 Presença de sedimentos nas margens	25,6	7	30	24,8	7	25
2.3 Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	38	8	40	37,7	8	40
3.1 Retificação da seção transversal	14,8	5	15	14,7	5	15
3.2 Mudança de revestimento da seção transversal	15,3	6	15	15,9	6	15
3.3 Canalização ou tamponamento do trecho	21,5	10	20	21,3	9	20
3.4 Corte de meandros	13,7	6	15	14,3	6	15
3.5 Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água	9,1	7	7	7,5	3	7,5
3.6 Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água	15,0	6	15	15,7	6	15
3.7 Obstruções por pontes e travessias inadequadas	10,6	6	10	10,6	6	10
4.1 Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água	35	8	35	36,2	8	40
4.2 Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	43,2	12	45	43,8	12	45
4.3 Lançamento de águas pluviais urbanas	21,8	8	20	20	8	20
5.1 Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública	77,1	9	80	77,1	9	80
5.2 Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública	22,9	9	20	22,9	9	20
Indicadores	1º ETAPA			2º ETAPA		
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Média	Desvio Padrão	Mediana
1. Mata ciliar	21,8	7	20	22,4	7	20
2. Erosão e assoreamento	15,6	5	15	15,3	4	15
3. Modificação do curso d'água	15,9	5	15	15,6	4	15
4. Poluição	24,7	9	25	24,7	9	25
5. Edificações	22,1	7	20	22,1	6	20

Dentre as análises estatísticas, foi utilizada a média obtida para a atribuição dos pesos aos indicadores e parâmetros.

Quanto ao grau de importância relativo entre os indicadores constatou-se, pela média, que o indicador “Poluição” foi considerado o mais relevante pelos participantes em relação à degradação de cursos d’água em áreas urbanas. Seguindo a hierarquização, vêm em seguida os indicadores “Edificações”, “Mata ciliar”, “Modificações de curso de água” e por último o indicador “Erosão e Assoreamento”.

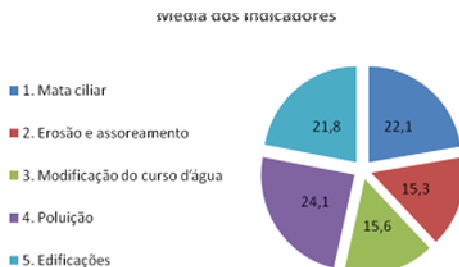


Figura 4.1 - Média dos indicadores obtidos pelo Método Delphi

Foi observado que dentre os indicadores o que mais gerou dificuldades aos participantes foi o indicador “Modificação do curso de água”, devido ao seu grande número de parâmetros e detalhes, dificultando a distribuição dos pesos entre os parâmetros. Isto foi evidenciado pelo elevado desvio padrão em proporção com a média obtida. Este foi o indicador que apresentou o maior número de parâmetros modificados.

No decorrer do método ocorreram 7 modificações em relação aos indicadores e 38 em relação aos parâmetros.

Quanto aos parâmetros, verifica-se que “Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública” foi considerado o mais impactante na degradação dos recursos hídricos. O parâmetro que mais apresentou alteração foi o parâmetro “Retirada de água sem modificação estrutural no curso d’água”. Já o parâmetro que apresentou maior desvio padrão foi o parâmetro “Lançamento de efluentes e conexões de esgoto”, pois um dos participantes elevou demasiadamente seu peso na tentativa de influenciar o grupo, fazendo

com que alguns participantes redistribuíssem seus pesos em relação ao indicador “Poluição”, aumentando o valor do parâmetro em questão.

Os gráficos abaixo apresentam os resultados por parâmetro, em função da média obtida, baseada na tabela 4.1.

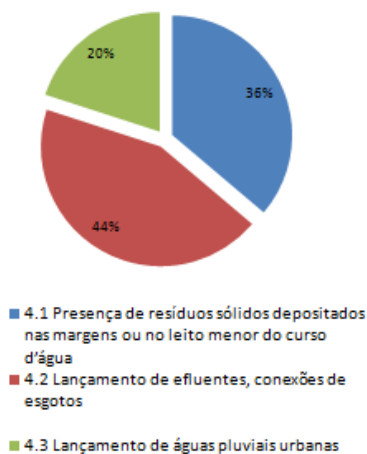


Figura 4.2 - Média dos parâmetros do indicador “Poluição”

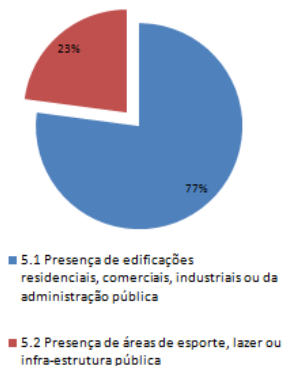


Figura 4.3 - Média dos parâmetros do indicador “Edificações”

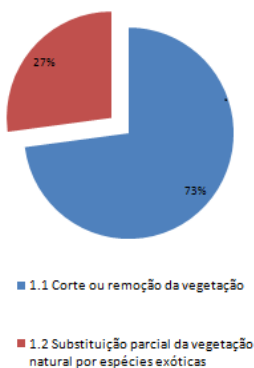


Figura 4.4 - Média dos indicador “Mata Ciliar”.

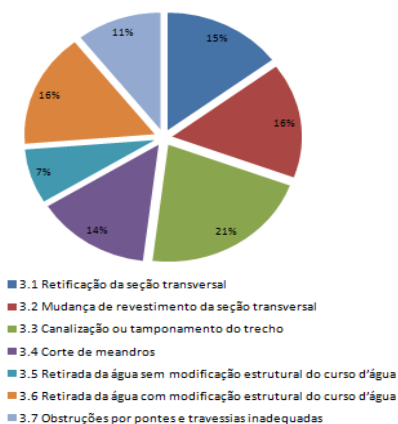


Figura 4.5 - Média do indicador “Modificações do Curso d' Água”.

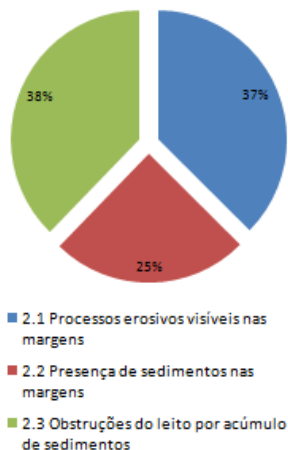


Figura 4.6 - Média dos parâmetros do indicador “Erosão e Assoreamento”

Na análise dos resultados destas etapas foram levados em consideração os pesos atribuídos aos indicadores e parâmetros por participante e seus comentários, que foram de extrema importância para a confirmação dos indicadores e parâmetros propostos. As opiniões e dúvidas foram muito úteis para complementar a forma de análise desses indicadores e parâmetros (ex: além da remoção e da substituição da vegetação é importante considerar a interconectividade dessas parcelas de vegetação). Esses comentários, portanto, contribuíram imensamente para o enriquecimento do trabalho já que foram feitos por creditados especialistas da área ambiental. Além disso, muitos deles enviaram materiais complementares que deveriam ser considerados no trabalho, o que contribuiu ainda mais para o seu desenvolvimento. Essa participação ativa foi um dos pontos fortes deste método utilizado no trabalho.

Outro fator importante verificado no método foi a diversidade de visão dos profissionais acerca do tema. Muitos justificaram o porquê de suas opiniões e alguns atribuíram valores elevados a determinados parâmetros e indicadores na tentativa de influenciar nas respostas dos demais participantes.

O principal objetivo em se utilizar o método Delphi é obter uma convergência de opiniões a respeito do tema colocado em questão. Sendo assim, considera-se que, de forma geral, o método correspondeu às expectativas, pois na etapa final houve um consenso na opinião individual dos participantes, já que todos confirmaram suas respostas. Um dos pontos fortes dessa metodologia é possibilitar que a cada aplicação, os participantes, após observarem as respostas das etapas anteriores, adquiram novos conhecimentos, a partir da opinião dos demais participantes.

Outro ponto forte levado em consideração para a escolha deste método é que os participantes têm a possibilidade de responderem o questionário de acordo com o seu tempo disponível, podendo refletir com calma antes de responderem, o que não acontece na maioria das vezes em reuniões presenciais.

A tabela abaixo apresenta o resultado final do Método Delphi que é composto pelo resultado da última etapa, pelo fator de ajuste e os pesos finais dos parâmetros e indicadores.

Tabela 4.2 - Resultados finais do Método Delphi

Parâmetros	Média (Peso)	Desvio Padrão	Mediana	Fator de Ajuste	Peso Indicador	Peso Ajustado
1.1 Corte ou remoção da vegetação	72,9	8	75	0,12	22,4	192,11
1.2 Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	27,1	8	25	0,12	22,4	71,42
2.1 Processos erosivos visíveis nas margens	37,4	6	35	0,18	15,3	100,98
2.2 Presença de sedimentos nas margens	24,8	7	25	0,18	15,3	66,96
2.3 Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	37,7	8	40	0,18	15,3	101,79
3.1 Retificação da seção transversal	14,8	5	15	0,41	15,6	95,07

3.2 Mudança de revestimento da seção transversal	15,9	6	15	0,41	15,6	102,13
3.3 Canalização ou tamponamento do trecho	21,3	9	20	0,41	15,6	136,82
3.4 Corte de meandros	14,3	6	15	0,41	15,6	91,86
3.5 Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água	7,5	5	5	0,41	15,6	48,18
3.6 Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água	15,7	6	15	0,41	15,6	100,85
3.7 Obstruções por pontes e travessias inadequadas	10,6	6	10	0,41	15,6	68,09
4.1 Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água	36,2	8	40	0,18	24,7	157,79
4.2 Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	43,8	11	45	0,18	24,7	190,92
4.3 Lançamento de águas pluviais urbanas	20	7	20	0,18	24,7	87,18
5.1 Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública	77,1	9	80	0,12	22,1	200,46
5.2 Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública	22,9	9	20	0,12	22,1	59,54

4.2 Resultados e discussões da aplicação dos indicadores e parâmetros no Estudo de caso do Rio do Meio

Para a verificação dos parâmetros e indicadores, inicialmente foram realizadas visitas em campo com a ficha de caracterização, a fim de se obter a descrição do local, e três mapas. Um mapa corresponde a uma imagem de satélite em escala 1:8000 do local, cedida pelo IPUF e

outros dois mapas com a delimitação dos trechos e da zona de proteção legal, cedida pelo NEA. No local foram retiradas fotografias de diversas partes dos trechos, para exprimir visualmente a situação ao longo do curso d'água, que é descrita pelos indicadores e seus parâmetros.

Posteriormente à visita, foi realizado o tracejado do percurso do curso d'água, utilizando fotografia aérea e a ferramenta AutoCAD e em seguida foram delimitadas as margens dos trechos a uma distância de 30 metros do curso d'água, obtendo-se a área que teoricamente deve ser preservada.

Após traçados os polígonos em relação às área de vegetação e às áreas de ocupação, entre outras, foram atribuídos os graus de impacto aos respectivos trechos a partir destas áreas e das equações apresentadas na metodologia.

Abaixo se encontra a descrição dos trechos do Rio do Meio na Ficha de Caracterização elaborada, e o grau de impacto atribuído às suas margens.

No estudo em questão, as margens apresentaram-se similares em relação às condições, apresentando, portanto, a mesma descrição e impactos.

4.2.1 Caracterização do Trecho 1

O trecho 1 está localizado próximo à nascente do Rio do Meio e possui a maior declividade e extensão dentre os trechos analisados. O local caracteriza-se por um leito rochoso de fluxo regular.

Conforme a Figura 3.7, esse trecho apresenta pouca ocupação e sua vegetação encontra-se conservada em quase a totalidade do mesmo. Porém, após análise em campo, foi verificado que à jusante já podem ser observados diversos pontos de ocupação próximos à faixa dos 30 metros. Por estar situado a uma maior distância das áreas urbanizadas este trecho, entretanto, ainda se encontra em bom estado de conservação, já que apresenta poucos pontos de mata removida, com predomínio da vegetação nativa e apenas poucos pontos de vegetação exótica. Em função do bom nível de conservação da mata ciliar, não foram verificados pontos de erosão e assoreamento nas margens e no leito do curso d'água. Condizente com a reduzida ocupação foram verificadas pequenas quantidades de resíduos sólidos no entorno deste trecho do curso d'água.

As formas de degradação incidentes nesse trecho, observadas em visita em campo, estão descritas na Ficha de Caracterização do Trecho 1 (tabela 4.3).

Ficou bem evidente neste trecho a importância da faixa de proteção legal exigida pelo Código Florestal na manutenção do ecossistema, diminuindo consideravelmente a interferência antrópica sobre os cursos d' água.

Tabela 4.3 – Ficha de Caracterização do trecho 1

Impacto	Descrição do Indicador		Grau do Impacto por margem
	Margem Esquerda	Margem Direita	
1.1. Corte ou remoção da vegetação	A vegetação no trecho ao longo do curso d' água apresenta-se em quase sua totalidade preservada, com exceção de raros pontos em que foram verificadas presença de ocupações. A mata ciliar apresenta interconectividade em todo trecho.		<i>Direita</i> 1 <i>Esquerda</i> 1
1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	É evidente o predomínio da vegetação natural, havendo raros pontos de vegetação exótica.		<i>Direita</i> 1 <i>Esquerda</i> 1
2.1. Processos erosivos visíveis nas margens	Não se evidenciam pontos significativos de erosão no trecho, visto que a vegetação ciliar encontra-se preservada em quase a sua totalidade.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
2.2. Presença de sedimentos no leito	O trecho não apresenta quantidade significativa de sedimentos, já que o mesmo se encontra na sua forma natural, sem grande interferência das atividades urbanas.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	Não foi constatada a presença significativa de sedimentos e estes não obstruem o fluxo d' água.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.1. Retificação da seção transversal	Não foram constatadas modificações na seção transversal.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.2. Mudança de revestimento da seção transversal	Não ocorreram mudanças no revestimento da seção transversal do trecho.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.3. Canalização ou tamponamento	Não existem obras de canalização em ambas as margens.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0

3.4. Corte de meandros	O trecho não sofreu modificações nos meandros.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.5. Retirada da água clandestinamente sem modificação estrutural do curso d'água – condutos coletores ou bombeamento	No trecho não foram constatados sistemas de retirada d' água.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.6. Retirada da água clandestinamente com modificação estrutural do curso d'água – desvios	No trecho não foram constatadas modificações estruturais no curso d' água.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas	No final do trecho1, na conexão com o trecho 2, encontra-se uma galeria, ocorrendo o estrangulamento da seção transversal.	<i>Direita</i> 1 <i>Esquerda</i> 1
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água	Foi verificada a presença de poucos resíduos que diminuíam de frequência à medida que se encaminhava à montante do trecho. Foram observados resíduos como sacolas plásticas, garrafas pet e outros de dimensões similares. Resíduos classe II (Não perigosos).	<i>Direita</i> 1 <i>Esquerda</i> 1
4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	Não foi verificado lançamento de efluentes.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas	Ausência de saídas de sistemas de drenagem.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais, ou da administração pública	No trecho foram constatados raros locais de ocupação, não sendo esses significativos.	<i>Direita</i> 1 <i>Esquerda</i> 1
5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia.	A presença dessas áreas não foi verificada ao longo do trecho.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0

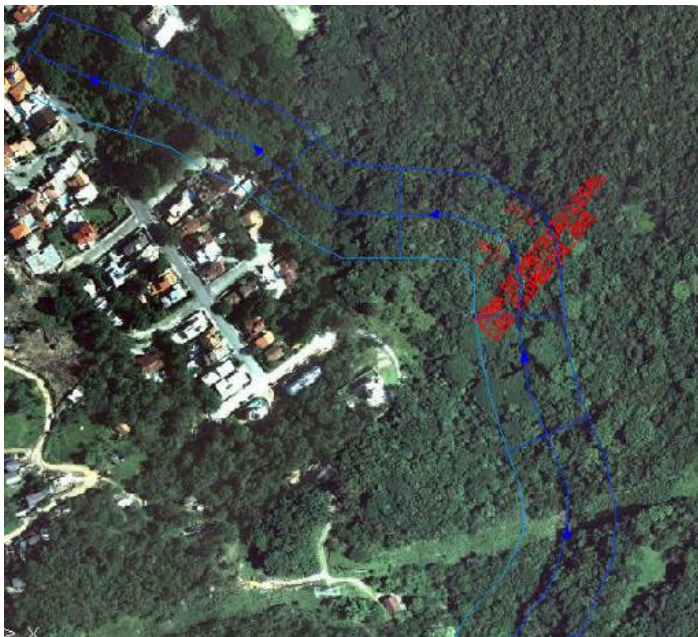


Figura 4.9 – Fotografia aérea de uma parte do trecho 1 e a delimitação da aérea de 30 metros do curso d' água.



Figura 4.7 - Fotografia da vegetação natural do trecho 1.

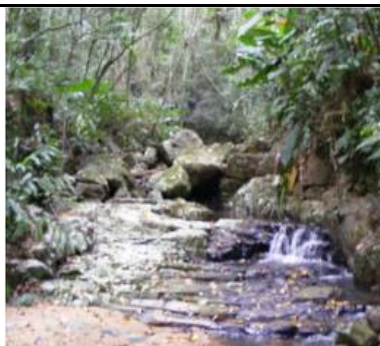


Figura 4.8 - Fotografia da vegetação natural das margens do trecho 1 com ausência de pontos de erosão.

4.2.2 Caracterização do Trecho 2

O trecho 2 encontra-se em uma área com grande ocupação, sendo que as edificações na sua maioria são de padrão médio e alto.

Neste trecho, foram verificados diversos pontos de ocupação na zona de proteção legal, sendo que grande parte da mata ciliar encontra-se removida ou substituída por outras espécies, favorecendo a ocorrência de pontos de erosão e assoreamento como uma das consequências dessa remoção.

Entretanto, mesmo com os diversos problemas verificados no trecho, ainda resta uma parte da vegetação que desempenha principalmente uma importante função na estabilidade das margens, impedindo o aumento de pontos de erosão, e evitando a implantação de modificações do curso d'água conforme pode ser verificado na Tabela abaixo.

Conforme a Ficha de Caracterização do Trecho 2 (tabela 4.4) verifica-se que os principais impactos nesse trecho estão relacionados ao lançamento de esgoto e a presença de resíduos sólidos depositados nas margens. Isto se deve ao fato do trecho estar localizado próximo das zonas de intensa urbanização, sendo, portanto, bastante influenciado por ações antrópicas.

Tabela 4.4 – Caracterização do trecho 2

Impacto	Estado de Degradação		Grau do Impacto por margem
	Margem Direita	Margem Esquerda	
1.1. Corte ou remoção da vegetação	A área total da zona de proteção legal é de aproximadamente 11855,4 m². A área restante de mata ciliar da margem direita, em direção ao fluxo d' água é de aproximadamente 2633,1 m², e corresponde a apenas 44,4 % da vegetação ciliar. A área restante de mata ciliar da margem esquerda, é de aproximadamente 2424,3 m² e corresponde a apenas a 40,9 % da vegetação ciliar. Observa-se que não ocorre a interconectividade da vegetação.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	No local foi verificado o predomínio da vegetação natural com alguns pontos de vegetação exótica.		<i>Direita</i> 2 <i>Esquerda</i> 2
2.1. Processos erosivos visíveis nas margens	A erosão no trecho constatada no local não compromete a estabilidade das margens, mesmo com a intensa urbanização presente no trecho.		<i>Direita</i> 2 <i>Esquerda</i> 2
2.2. Presença de sedimentos no leito	O trecho apresenta alguns sedimentos do processo de construção civil e dos pontos de erosão, apresentando uma menor proporção de sedimentos nas margem do que o trecho 3, entretanto a presença de sedimentos ocorre em excesso.		<i>Direita</i> 2 <i>Esquerda</i> 2
2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	Nesse trecho foram verificadas a presença de poucas parcelas assoreadas, não ocorrendo uma grande obstrução do fluxo d' água. Conforme verificado no parâmetro anterior a margem continha excesso de sedimentos, entretanto, o trecho apresenta uma quantidade significativa de vegetação em suas margens, o suficiente para reter grande partes dos sedimentos.		<i>Direita</i> 2 <i>Esquerda</i> 2
3.1. Retificação da seção transversal	Não foram constatadas modificações na seção transversal .		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.2. Mudança de revestimento da seção transversal	Não ocorreram mudanças no revestimento da seção transversal do trecho.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.3. Canalização ou tamponamento	Não existem obras de canalização em ambas as margens.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.4. Corte de meandros	O trecho não sofreu modificações nos meandros.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.5. Retirada da água clandestinamente sem modificação estrutural	No trecho não foram constatados sistemas de retirada d' água.		<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i>

do curso d'água – condutos coletores ou bombeamento		<i>0</i>
3.6. Retirada da água clandestinamente com modificação estrutural do curso d'água – desvios	No trecho não foram constatadas modificações estruturais no curso d' água.	<i>Direita 0 Esquerda 0</i>
3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas	Do trecho 2 ao trecho 3, não foram encontradas obras que obstruem o curso d' água.	<i>Direita 0 Esquerda 0</i>
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água	No trecho foram visualizados resíduos de pequenas e grandes dimensões, como: mobílias, sacolas plásticas, embalagens, e outros similares a resíduos classe II (Não perigosos).	<i>Direita 3 Esquerda 3</i>
4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	No trecho foram verificados poucos pontos de lançamento de efluentes, com pequenas vazões em relação ao curso d' água.	<i>Direita 3 Esquerda 3</i>
4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas	Foi verificada a presença de esgoto doméstico em conjuntos com águas pluviais	<i>Direita 5 Esquerda 5</i>
5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais, ou da administração pública	A área total da zona de proteção legal é de aproximadamente 11855,4 m². A área impermeabilizada da margem direita, é de aproximadamente 3294,6 m² que corresponde a 55,54 % de impermeabilização. A área impermeabilizada da margem esquerda, é de aproximadamente 3503,4 m² que corresponde a 59 % de impermeabilização. Em relação a natureza das edificações, foi constata apenas a presença de edificações residenciais	<i>Direita 4 Margem 4</i>
5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia.	Não foi verificada a presença dessa áreas ao longo do trecho.	<i>Direita 0 Esquerda 0</i>



Figura 4.10 - Fotografia aérea do trecho 2 e os polígonos entorno da vegetação ciliar

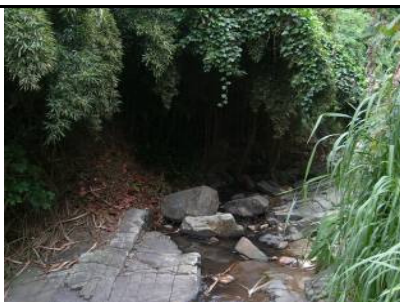


Figura 4.11 - Fotografia da vegetação da margem esquerda do trecho 2.



Figura 4.12 - Fotografia da vegetação considerada exótica da espécie *Musa ornata* Roxb – Bananeira nas margens

4.2.3 *Caracterização do Trecho 3*

Dentre os trechos, o trecho 3 é o que apresenta a menor declividade. Está localizado próximo à Universidade Federal de Santa Catarina e a Eletrosul, local em que há grande circulação de pessoas e veículos diariamente, e diversos estabelecimentos comerciais e residenciais, sendo os últimos de médio e alto padrão. Por estar em contato direto com áreas intensamente urbanizadas, conforme evidenciado nas figuras 3.7 e 3.8, apresenta-se em elevado estágio de degradação. A vegetação encontra-se removida em quase sua totalidade e grande parte dessa vegetação é composta por espécies de vegetações exóticas. A pequena parcela de vegetação restante quase não apresenta interconectividade, existindo ocupações em praticamente a totalidade da faixa de proteção legal. Foram observados vários pontos de lançamentos de efluentes domésticos, presença de grande quantidade de resíduos diversos, assoreamento em vários pontos do trecho, entre outros impactos evidenciados na ficha abaixo (Tabela 4.5). O trecho encontra-se retificado prejudicando ainda mais o curso d' água e há uma galeria que gera acúmulo de diversos sedimentos e resíduos, obstruindo o fluxo d' água.

Com o grande fluxo de pessoas e veículos na região e com a drenagem pluvial das vias direcionadas ao curso d' água, são verificados no mesmo, pontos com presença de manchas de combustível, e diversos outros resíduos que são carreados para o curso d' água.

Fica evidente que após a passagem do curso d' água por essa zona, sua qualidade é muito afetada, demonstrando que a ocupação das áreas proteção legal, tanto para o estudo de caso em questão como para outros existentes, na grande maioria dos casos acaba por degradar todo o ecossistema do curso d' água.

Tabela 4.5 – Caracterização do trecho 3

Impacto	Estado de Degradação		Grau do Impacto por margem
	Margem Direita	Margem Esquerda	
1.1. Corte ou remoção da vegetação	A área total da zona de proteção legal é de aproximadamente 11131,2 m², incluindo a margem esquerda e direita. A área restante de mata ciliar da margem direita, é de aproximadamente 1075,06 m² o que corresponde a apenas 19,32% da vegetação ciliar. A área restante de mata ciliar da margem esquerda, é de aproximadamente 757,96 m² o que corresponde a apenas a 13,6% da vegetação ciliar. No trecho verifica-se que não ocorre a interconectividade da vegetação, de forma semelhante ao trecho 2.		<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	No local foi verificado um pequeno predomínio da vegetação natural, com diversos pontos de vegetação exótica. Constatou-se através da análise em campo e de fotografias aéreas, que a área de vegetação natural em relação a área de vegetação exótica é predominante mas não superior a 10%.		<i>Direita</i> 3 <i>Esquerda</i> 3
2.1. Processos erosivos visíveis nas margens	O trecho apresenta-se totalmente retificado e revestido justificando o baixo grau de erosão, já que praticamente não existe solo nem vegetação nas margens do trechos.		<i>Direita</i> 2 <i>Esquerda</i> 2
2.2. Presença de sedimentos no leito	A margem contém diversos sedimentos da construção civil e do processo de retificação sofrido, sendo constatado no local excesso de sedimentos. Esses sedimentos de diversas dimensões eram os principais causadores da obstrução do fluxo de água e do assoreamento do curso d' água.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	No trecho verifica-se a presenças de diversos trechos com assoreamento e obstruções por sedimentos de tamanhos variados, sendo constado que a maior parte desses sedimentos eram de origem de processos erosivos causados pela urbanização ao longo do curso d' água.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
3.1. Retificação da seção transversal	O trecho apresenta-se ambos os lados totalmente retificados e seu fundo não sofreu modificações. Essa retificação forma um ângulo de 90° em relação ao solo.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
3.2. Mudança de revestimento da seção transversal	Ocorreu mudança de revestimento da seção transversal. A seção apresenta-se com argamassa e pedra com um revestimento liso.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
3.3. Canalização ou tamponamento	O trecho apresenta-se totalmente canalizado em ambas as margens.		<i>Direita</i> 4 <i>Esquerda</i> 4
3.4. Corte de meandros	O perfil longitudinal como já foi descrito apresenta-se totalmente retificado, ou seja, ocorreram mudanças na amplitude dos meandros, em ambas as margens.		<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
3.5. Retirada da água clandestinamente sem	No trecho não foram constatados sistemas de retirada d' água.		<i>Direita</i> 0

modificação estrutural do curso d'água – condutos coletores ou bombeamento		<i>Esquerda</i> 0
3.6. Retirada da água clandestinamente com modificação estrutural do curso d'água – desvios	No trecho não foram constatadas modificações estruturais no curso d' água.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0
3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas	No final do trecho 1 verifica-se a presença de uma galeria que se encontra totalmente obstruída por resíduos e sedimentos, ocorrendo ainda o estrangulamento da seção transversal.	<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água	Foram encontrados diversos resíduos nesse trecho, de diversas dimensões como: sacolas plásticas, embalagens, e outros classe II (Não perigoso) e eletrodomésticos, lixo em elevado estado de decomposição, com grande possibilidade de produção de chorume, e outros resíduos classe I (perigosos)	<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	No trecho foi observado diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos e de atividades comerciais.	<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas	Fica evidente a presença de efluentes domésticos em conjunto com águas pluviais na saída do sistema.	<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais, ou da administração pública	A área total da zona de proteção legal é de aproximadamente 11131,2 m², incluindo a margem esquerda e direita conforme obtido nos parâmetros anteriores. A área impermeabilizada da margem direita, é de aproximadamente 4499,6 m² o que corresponde a 80,12% de impermeabilização. A área impermeabilizada da margem esquerda, é de aproximadamente 4807,6 m² o que corresponde a 86,4% de impermeabilização. Em relação a natureza das edificações, o trecho apresenta residências e comércio.	<i>Direita</i> 5 <i>Esquerda</i> 5
5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia.	Não foi verificada a presença dessas áreas ao longo do trecho.	<i>Direita</i> 0 <i>Esquerda</i> 0



Figura 4.13 - Fotografia aérea do trecho 2 e os polígonos entorno da vegetação ciliar



Figura 4.14 - Fotografia da vegetação considerada exótica da espécie *Musa ornata* Roxb (Bananeira) na margem esquerda do trecho 3 e entulhos.



Figura 4.15 - Fotografia do trecho retificado com diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos.



Figura 4.16 - Fotografia do lançamento de efluentes domésticos no trecho 3.



Figura 4.17 - Fotografia demonstrando um dos diversos locais com grande quantidade de resíduos.



Figura 4.18 - Despejo de resíduos de diversas atividades a menos 1 metro do curso d' água.



Figura 4.19 - Trecho totalmente obstruídos por resíduos e outros sedimentos, próximo a rotatória.

4.3 Resultados e discussões finais da caracterização do Rio do Meio

Com base nos resultados obtidos nas Fichas de Caracterização de cada trecho, que contempla o grau de impacto atribuído a cada parâmetro, e com base no método Delphi, foi possível verificar a importância relativa entre esses parâmetros. Estão descritos nas tabelas abaixo os resultados finais da metodologia, obtendo-se assim, o valor numérico da degradação de cada trecho do curso d' água.

As tabelas abaixo são compostas pelos impactos em relação às margens dos trechos, pelo *Peso Ajustado* de cada parâmetro, obtidos pelo método Delphi, bem como pelo *Peso Final* dos Parâmetros e pela *Porcentagem do Impacto*, que nada é do que a relação do impacto do parâmetro em função do somatório dos impactos totais do trecho, considerando-se todos os parâmetros. Esse cálculo é apenas uma forma para simplificar qual o parâmetro que mais contribui para a degradação do trecho.

Tabela 4.6 - Impactos da degradação do trecho 1 do Rio do Meio

Parâmetros	Impactos Margem D/E	Peso Ajustado	Peso Final	% do impacto
1.1 Corte ou remoção da vegetação	1	192,11	192,11	28%
1.2 Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	1	71,42	71,42	10%
2.1 Processos erosivos visíveis nas margens	0	100,98	-	0%
2.2 Presença de sedimentos nas margens	0	66,96	-	0%
2.3 Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	0	101,79	-	0%
3.1 Retificação da seção transversal	0	95,07	-	0%
3.2 Mudança de revestimento da seção transversal	0	102,13	-	0%
3.3 Canalização ou tamponamento do trecho	0	136,82	-	0%
3.4 Corte de meandros	0	91,86	-	0%
3.5 Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água	0	48,18	-	0%
3.6 Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água	0	100,85	-	0%
3.7 Obstruções por pontes e travessias inadequadas	1	68,09	68,09	10%
4.1 Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água	1	157,79	157,79	23%
4.2 Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	0	190,92	-	0%
4.3 Lançamento de águas pluviais urbanas	0	87,18	-	0%
5.1 Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública	1	200,46	200,46	29%
5.2 Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública	0	59,54	-	0%
SOMATÓRIO			690	100

Constata-se pela tabela acima e pela tabela 4.9 que o trecho 1 apresenta baixos valores de impactos, com apenas 7% de degradação em relação à degradação máxima, caso fossem atribuído impacto 5 a todos os parâmetros.

A metodologia se mostrou bastante sensível para esse trecho, já que mesmo com pequenos impactos são obtidos resultados mensuráveis e que permitem estabelecer comparações. Sendo assim, verificou-se que mesmo com a pouca ocupação do local, a presença de edificações é fato

que apresenta maior preocupação no trecho, seguido de remoção da mata ciliar e a disposição inadequada de resíduos.

Mesmo esses valores serem relativamente baixos em relação aos outros trechos, já se pode verificar onde devem ser tomadas medidas, para conservação do trecho.

Tabela 4.7 - Impactos da degradação do trecho 2 do Rio do Meio

Parâmetros	Impactos Margem D/E	Peso Ajustado	Peso Final	% do impacto
1.1 Corte ou remoção da vegetação	2	192,11	384,23	11%
1.2 Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	2	71,42	142,83	4%
2.1 Processos erosivos visíveis nas margens	2	100,98	201,96	6%
2.2 Presença de sedimentos nas margens	2	66,96	133,92	4%
2.3 Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	2	101,79	203,58	6%
3.1 Retificação da seção transversal	0	95,07	-	0%
3.2 Mudança de revestimento da seção transversal	0	102,13	-	0%
3.3 Canalização ou tamponamento do trecho	0	136,82	-	0%
3.4 Corte de meandros	0	91,86	-	0%
3.5 Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água	0	48,18	-	0%
3.6 Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água	0	100,85	-	0%
3.7 Obstruções por pontes e travessias inadequadas	0	68,09	-	0%
4.1 Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água	3	157,79	473,37	14%
4.2 Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	3	190,92	572,75	17%
4.3 Lançamento de águas pluviais urbanas	5	87,18	435,88	13%
5.1 Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública	4	200,46	801,84	24%
5.2 Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública	0	59,54	0	0%
SOMATÓRIO			3350	100

De acordo com os dados da tabela 4.7 os principais impactos no trecho 2 são as edificações, seguido por lançamento de efluentes e a disposição inadequada de resíduos sólidos. Percebe-se que os valores, principalmente desses impactos, iniciam relativamente baixos e aumentam gradativamente à medida que se aproxima do trecho mais urbanizado (trecho 3). Logo, de forma comparativa, verifica-se que no trecho 2 em relação ao trecho 1, os impactos citados ficam bem mais intensos, sendo que existe parâmetro que quadruplica de valor, como é o caso presença de edificações e outros triplicam como é o caso dos parâmetros “disposição inadequada de resíduos sólidos” e “lançamento de efluentes”.

Tabela 4.8 - Impactos da degradação do trecho 3 do Rio do Meio

Parâmetros	Impactos Margem D/E	Peso Ajustado	Peso Final	% do Impacto
1.1 Corte ou remoção da vegetação	5	192,11	960,56	13%
1.2 Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	3	71,42	214,25	3%
2.1 Processos erosivos visíveis nas margens	2	100,98	201,96	3%
2.2 Presença de sedimentos nas margens	4	66,96	267,84	4%
2.3 Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	4	101,79	407,16	6%
3.1 Retificação da seção transversal	4	95,07	380,27	5%
3.2 Mudança de revestimento da seção transversal	4	102,13	408,54	6%
3.3 Canalização ou tamponamento do trecho	4	136,82	547,28	7%
3.4 Corte de meandros	5	91,86	459,28	6%
3.5 Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água	0	48,18	-	0%
3.6 Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água	0	100,85	-	0%
3.7 Obstruções por pontes e travessias inadequadas	5	68,09	340,45	5%
4.1 Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água	5	157,79	788,95	11%
4.2 Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	5	190,92	954,58	13%
4.3 Lançamento de águas pluviais urbanas	5	87,18	435,88	6%
5.1 Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública	5	200,46	1.002,30	14%

5.2 Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública	0	59,54	-	0%
SOMATÓRIO			7369	100%

*Valor obtido pela multiplicação do impacto pelo peso final do parâmetro

De acordo com a Tabela 4.8, observa-se novamente que o principal fator de degradação, assim como para os outros trechos, é a presença de edificações, que possui grau de importância semelhante a do lançamento de efluentes, remoção de mata ciliar e disposição inadequada de resíduos sólidos. Os altos valores de impactos atribuídos a quase todos os parâmetros refletem a intensa urbanização do trecho.

Tabela 4.9 - Impacto geral de degradação nos trechos

Curso d' água Rio do Meio	Margem	Impacto total obtido	% de degradação do trecho
Trecho 1	Direita	690	7%
	Esquerda	690	7%
Trecho 2	Direita	3350	36%
	Esquerda	3350	36%
Trecho 3	Direita	7369	79%
	Esquerda	7369	79%
Valor Máximo que pode ser obtido pela Metodologia (todos os parâmetros com impactos 5)		9360	100%

Fica evidente que o trecho mais degradado do curso d'água do Rio do Meio é o trecho 3, sendo o menos degradado o trecho 1. O maior valor de degradação verificado no trecho 3 (7369) é condizente com a grande ocupação evidenciada em torno do trecho.

A representação numérica da degradação nos cursos d'água estabelece uma base de comparação entre trechos e cursos d'água quanto ao grau de impactos existentes no local. A divisão da tabela por parâmetros visou auxiliar medidas para mitigação dos impactos correspondentes. Entretanto, deve-se deixar claro que essas formas de degradação devem ser consideradas como um todo na análise final a fim de caracterizar o estado de degradação geral do curso d'água.

5 CONCLUSÃO

Os indicadores e parâmetros propostos se mostraram úteis e eficientes para a avaliação dos impactos decorrentes da urbanização sobre os cursos d' água, o que foi verificado pela aplicação dos mesmos no Estudo de Caso do Rio do Meio; dessa forma eles podem auxiliar no diagnóstico do curso d' água, visando dar subsídios para adoção de medidas de precaução, prevenção, revitalização ou outras medidas referente à proteção e conservação do curso d' água.

O Método Delphi, para a ponderação dos indicadores e parâmetros, foi uma ferramenta de extrema importância para o trabalho, pois permitiu que os indicadores e parâmetros fossem avaliados e analisados por um conjunto de especialistas de diversas regiões do Brasil, que os julgaram pertinentes de serem utilizados, e estabeleceram seus pesos, conferindo credibilidade ao trabalho desenvolvido. O método evidenciou que dentre todos os indicativos de degradação de um curso d' água urbano, o principal é a Poluição. Já dentre os parâmetros o principal é “Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública”.

A metodologia deste trabalho, apesar do grande número de informações devido à complexidade do tema, foi de fácil aplicação, pois possui uma série de ferramentas que despediam de poucos recursos e tempo para obtenção. As formas de avaliação dos indicadores e parâmetros, com seus respectivos impactos pré-estabelecidos, se mostraram eficientes para auxiliar na caracterização de cursos d' água, como evidenciado no Estudo de Caso no Rio do Meio.

A metodologia aplicada no Rio do Meio se mostrou eficiente e sensível em expressar diferentes resultados de acordo com as condições de pressão e estado, verificados ao longo do curso d' água, fornecendo resultados diversificados para cada trecho em questão, retratando dessa forma a degradação gradativa do trecho 1 ao trecho 3, à medida que o curso se aproxima de áreas urbanizadas, confirmando o que foi observado em campo.

Os indicadores e parâmetros utilizados e desenvolvidos nesse trabalho, apesar de proporcionarem resultados satisfatórios em relação aos objetivos do trabalho, podem ainda ser refinados e complementados, em trabalhos que visem à utilização da metodologia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 10004 de 30 de novembro de 2004. Dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos.

AB´SABER, A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. p.15-25.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G, M. (organizadores). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BENETTI, A.. BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed da Universidade/ UFRGS/ ABRH, 1995. P 669.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe as condições de balneabilidade da água e sua classificação.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso no seu entorno.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento,

bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Instituiu o Código de águas.

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Instituiu o Código Florestal.

BRASIL. Resolução CONABIO nº 5 de 21 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras.

BRIGUENTI, E. C. **O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP.** 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000353270>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

CAPECHE *et al.* Degradação do solo e da água: Impactos da erosão e estratégias de controle. In: TAVARES, S. R. de L. **Curso de recuperação de áreas degradadas:** a visão da Ciência do Solo na contexto da diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

CARDOSO, S. C. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas.** 197 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

CARVALHO, J. C. de. (Org.); SALES, M. M. (Org.); SOUZA, N. M. de (Org.) ; MELO, M. T. S. (Org.) . **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília: FINATEC, 2006. v. 1.

CARVALHO, P. *et al.* **Indicadores para a avaliação da gestão ambiental municipal com base no modelo Pressão-Estado-Resposta.**

Campinas: NEPO/Unicamp, 2008. 20p. Disponível em:<<http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/>>. Acesso em: 20 out de 2009.

CAVALCANTI, A. C. R.; SOUZA, F. A. M. Indicadores Urbanos para o Desenvolvimento Sustentável: o caso do litoral norte de Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Salvador-BA, 2000. 8p.

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, M. A. A.; SANTOS, M.; SCARLATO, F. C.; ARROYO, M. **Natureza e Sociedade de Hoje: uma leitura Geográfica**. São Paulo: Hucitec, 1993. p. 127-38.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 416 p, p19-45.

COSTA, M. da S. **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. 2003. 196p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

CUNHA, S. B. **Impactos das obras de canalização: uma visão geográfica**. VI Simpósio Nacional de geografia física aplicada, Goiânia. 1995. p. 431-437.

CUNHA, S. B. da.; VIEIRA, V. T. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 131.

DALLA COSTA, S. **Estudo da viabilidade de revitalização de curso d'água em área urbana: Estudo de caso no rio Córrego Grande em Florianópolis, Santa Catarina**. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

DELGADO, A. N.; PERIAGO, E. L.; VIQUEIRA, F. D. Vegetated filter strips for wastewater purification: A review. **Bioresource Technology. Great Britain**. v. 94. p. 13 – 22. 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 10 de jan. 2010.

EEA – European Environment Agency (1999). **Environmental Indicators: Typology and Overview**. EEA, Copenhagen. Disponível em <<http://www.eea.europa.eu/>>. Acesso em 06 out. 2009.

FENDRICH *et al.* **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Educa, 1984.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais (100 Maneiras Práticas)**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. 276 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP, 2003.

GENZ, F. **Parâmetros para previsão e controle de cheias urbanas**. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisa Hidráulica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 416 p.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE DOS RECURSOS NACIONAIS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília : IBAMA, 1990.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000). Anuário estatístico do Brasil – 2000. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 12 maio 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008). Metodologia das Estimativas das Populações Residentes nos Municípios Brasileiros para 1º de julho de 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> , Acesso em: 12 maio 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. Programa de Medio Ambiente 1995-2000. México D. F.: Dirección General de Gestión e Información Ambiental, 1997.

IPH – INSTITUTO DE PESQUISAS HIDROLÓGICAS. Plano Diretor de Drenagem Urbana – **Manual de Drenagem Urbana** – v. VI. Porto Alegre, RS, 2005. 167 p.

KAGEYAMA, P. Y. **Restauração da mata ciliar:** manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias. Rio de Janeiro: Semads 2001. 104p. Disponível em: <<http://www.serla.rj.gov.br/util/downloads.asp>> Acessado em: 13 Mar. 2010.

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R.. Método delphi: fundamentos, críticas e vieses. **Cadernos de Pesquisas em Administração**, São Paulo, 1997.v.1, n. 4, pp. 51-61.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba, 2008.

LIMA, W. P. O Papel Hidrológico das Florestas Na Proteção dos Recursos Hídricos. Silvicultura, São Paulo, v. XI, n. 41, p. 59-62, 1986.

LIMA, W. P.; ZÁKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Org.). **Matas**

Ciliares: Conservação e Recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001, p. 33-44.

LINHARES, C. A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na Bacia do Rio Ji-Paraná/RO.** 216 p. Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) – Instituto Especiais (INPE), São José dos Campos, 2005.

MARTINS, S. S. **Recomposição de Matas Ciliares no Estado do Paraná.** 2 ed. Maringá : Clichetec, 2005. 32 p.

MERICO, L. F. K. Proposta metodológica de avaliação do desenvolvimento econômico na região do Vale do Itajaí (SC) através de indicadores ambientais. **Revista Dynamis**, Blumenau, FURB, v. 5, n. 19, p. 59-67, abr/jun. 1997.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Espécies exóticas invasoras:** Situação Brasileira. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2006.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Iniciativa Latino-americana e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável.** Brasília, 2007. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001595/159541por.pdf>>. Acesso em 15 set. 2009.

MUCELIN, C.A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1): 111-124 jun. 2008.

MUSCUTT, A .D., HARRIS, G.L., BAILEY, S.W., DAVIES, D.B. Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environments.** v.45, p.59-77, 1993.

NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto Sanitário:** coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

OCDE - Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos. Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais. Tradução Ana Maria Teles, Salvador (Centro de Recursos Ambientais); **Série Cadernos de referência ambiental**, v.9, 244 p. 2002.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2003). **OECD Environmental Indicators:** Development, Measurement and Use. OECD, Paris.

OLIVEIRA, J. S.; COSTA, M.M.; WILLE, M.F.C. Introdução ao Método Delphi. Curitiba, Mundo Material, 2008.

PEREIRA, C. D.; HENRIQUES NETO, D.; GONÇALVES, M. K.; FREITAS FILHO, M. D. de. Caracterização da degradação na faixa de proteção legal do Rio do Meio, em Florianópolis, Santa Catarina. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. 19 p.

PEREIRA, A. R. Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão. 2 ed. Editora Fapi, 2008. 150 p.

POMPÊO, C.A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RUFINO, R. C. **Avaliação da Qualidade Ambiental do Município de Tubarão (SC) Através do Uso de Indicadores Ambientais**. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

SCANDAR NETO, W.J. **Síntese que organiza o olhar:** uma proposta para construção e representação de indicadores de desenvolvimento sustentável e sua aplicação para os municípios fluminenses. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ence.ibge.gov.br/pos_graduacao/mestrado/tema_dissertacao.asp?Ano=2006>. Acesso em: 15 dez. 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Mata Ciliar Recuperações bem sucedidas**. Grupo de Trabalho Programa de Repovoamento Vegetal do Estado de São Paulo. São Paulo, 2002.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE.
Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares.
Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre: SEMA,
2007. 33 p.

TAVARES, S. R. de. L. *et al.* **Curso de recuperação de áreas degradadas:** a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>>. Acesso em: 31 mar.2010.

TUCCI, C. E. M .; CAMPANA, N. A. Estimativa da área impermeável de macro-bacias urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia** v. 12. n. 2, 1994. p 79-94

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. (org.) **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003. p 45-150.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, 2002.

TUROFF, M.; LINSTONE, H. A. **The Delphi method.** New York: Addison Wesley, 1975. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/>> Acesso em: 15 out. 2009.

UNCED. Agenda 21, the United Nations Programme of Action from Rio., New York, UN Department of Public Information, 1992.

VIEIRA, C.P. **Alterações na cobertura vegetal:** interferência nos recursos hídricos. *Silvicultura*, v. 20, 2000. p. 26-27.

VILLELA, T. M. de A. *et al.* **Metodologia para desenvolvimento e seleção de indicadores para planejamento de transportes.** Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília. Brasília, 2007. Disponível em:

<http://www.ceftru.unb.br/pesquisa/pesquisa/artigo_012>. Acesso em: 17 set. 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. v.2. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 211 p.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p. v.1.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Cadernos de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: Uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil? In: Encontro Brasileiro de Planejamento Empresarial – “Como planejar 86”, III, 28-29 nov. 1985, Anais. São Paulo: **SPE – Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial**, 1986, p. 199-207.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 178, p. 77– 79, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO ENVIADA AOS PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI.

APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI.

APÊNDICE C – INSTITUIÇÕES DOS PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI

APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO ENVIADA AOS
PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI.

Prezado(a) Senhor(a),

Sou graduando do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente estou desenvolvendo Trabalho de Conclusão de Curso, voltado à degradação de cursos d' água em áreas urbanas, sob orientação do Prof. Doutor Cesar A. Pompêo.

Os objetivos do trabalho são “*caracterizar as formas de degradação em cursos d' água em áreas urbanas*” e “*definir indicadores para qualificar e quantificar os conflitos relacionados a essa degradação*”. A finalidade do trabalho é “propor indicadores de simples análise que auxiliem a tomada de decisão, tanto na elaboração de políticas, quanto no monitoramento dessas políticas”.

A seleção dos indicadores mais apropriados iniciou-se por pesquisa bibliográfica em referências nacionais e internacionais. Os indicadores em anexo foram escolhidos com base na simplicidade de se obter respostas e por não necessitarem de elevados investimentos para serem aplicados, dispensando, por exemplo, análises laboratoriais. A maioria das respostas desses indicadores e parâmetros será obtida por análise visual em campo e fotografias aéreas, facilitando a caracterização dos trechos.

A avaliação dos indicadores propostos será realizada com auxílio da técnica Delphi, metodologia que visa obter um consenso confiável da opinião da maioria das pessoas de um determinado grupo de participantes sobre algum tema. Para isso será aplicado, via e-mail eletrônico, uma seqüência de questionários, intercalados entre si, e será obtido um respectivo *feedback*. A aplicação desse questionário será dividida em até 3 ciclos. No primeiro ciclo os participantes deverão atribuir pesos aos indicadores e parâmetros propostos e terão a oportunidade de incluírem novos indicadores se desejarem. Após a análise das respostas do primeiro ciclo todos os participantes receberão novamente suas próprias respostas bem como a média geral das respostas de todos os participantes para que, se julgarem necessário, possam alterar suas respostas, mediante justificativa, caracterizando o segundo ciclo. Caso não haja um consenso geral ao final do segundo

ciclo, poderá então ser realizado um último ciclo. Em todo processo será mantido o anonimato dos participantes.

A sua participação é de extrema importância para o desenvolvimento desse trabalho. Desta forma, venho solicitar sua colaboração no preenchimento do questionário anexo, destinado ao refinamento dos indicadores selecionados inicialmente. As respostas obtidas nesse questionário auxiliarão na avaliação da pertinência destes indicadores e na proposição de novos indicadores. Seus comentários também serão muito importantes para a melhoria do trabalho. Para cumprir o cronograma estabelecido, se for possível, enviar as respostas em um prazo de 10 dias.

Agradeço antecipadamente sua colaboração e coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento.

Maurício David de Freitas Filho
Email: mauriciofreitas@hotmail.com
Celular: (41) 8400 2272

APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI.

Nome
Local de trabalho
Data

Indicadores	Peso Relativo ao impacto	Parâmetros	Peso Relativo ao impacto
1. Mata ciliar: visa retratar o estado e a formação vegetal presente nas margens dos cursos d' água.		1.1. Corte ou remoção da vegetação: retrata a integridade da vegetação nas margens do curso d' água.	
		1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas: retrata a formação vegetal existente nas margens do curso d' água.	
		Somatório	100
2. Erosão e assoreamento: visa retratar as condições do leito do curso d' água e seu entorno, quanto à presença de sedimentos e pontos de erosão.		2.1. Processos erosivos visíveis nas margens: demonstra processos de erosão verificados visualmente que colocam em risco a estabilidade das margens do curso d' água.	
		2.2. Presença de sedimentos nas margens: representa a magnitude de sedimentos presente nas margens do curso d' água e em seu entorno.	
		2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos: evidencia alterações causadas no leito do curso d' água devido ao acúmulo de sedimentos.	

Indicadores	Peso Relativo ao impacto	Parâmetros	Peso Relativo ao impacto
		Somatório	100
3. Modificação do curso d'água: visa retratar as formas e intensidades das alterações realizadas nas secções e ao longo do curso d' água.		3.1. Retificação da seção transversal: retrata alterações na forma da secção do curso d' água, demonstrando a retificação nos diferentes sentidos do perfil transversal.	
		3.2. Mudança de revestimento da seção transversal: retrata modificações realizadas através da observação da natureza dos materiais utilizados no recobrimento dos diferentes sentidos do perfil transversal.	
		3.3. Canalização ou tamponamento do trecho: retrata a forma com que o curso d' água está sendo conduzido ao longo do trecho.	
		3.4. Corte de meandros: retrata alterações nas sinuosidades do curso d' água.	
		3.5. Retirada da água sem modificação estrutural do curso d'água: retrata a forma com que a água é removida desse curso, sem causar modificação em sua estrutura, utilizando condutos coletores ou bombeamento.	

Indicadores	Peso Relativo ao impacto	Parâmetros	Peso Relativo ao impacto
		3.6. Retirada da água com modificação estrutural do curso d'água: retrata as alterações estruturais desse curso, como desvios, realizadas para a retirada de água.	
		3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas: retrata a intensidade com que estas obras obstruem o curso d' água.	
		Somatório	100
4. Poluição: visa retratar a magnitude de poluentes liberados, por diferentes atividades, ao longo do curso d' água.		4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água: retrata a quantidade de resíduos, provenientes de atividades antrópicas, ao longo do curso d' água.	
		4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos: retrata a intensidade de despejos de efluentes ao longo do curso d' água.	
		4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas: retrata a intensidade com que ocorre o escoamento de águas pluviais no curso d' água.	
		Somatório	100

Indicadores	Peso Relativo ao impacto	Parâmetros	Peso Relativo ao impacto
5. Edificações: visa retratar a natureza e quantidade das diversas formas de construções no entorno do curso d' água.		5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública: retrata a quantidade e natureza das edificações localizadas no entorno do curso d' água.	
		5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia: Retrata a quantidade e natureza dessas estruturas localizadas no entorno do curso d' água.	
		Somatório	100
Somatório dos Indicadores	100	Observação: Por favor, verifique que a soma dos pesos dos 5 indicadores seja igual a 100, assim como o somatório dos pesos dos parâmetros relacionados a cada um desses indicadores também resulte em 100.	

Por favor, apresente seus comentários sobre os indicadores propostos, sugestões de inclusão, alteração ou exclusão de indicadores e parâmetros de degradação.

APÊNDICE C – INSTITUIÇÕES DOS PARTICIPANTES DO MÉTODO DELPHI

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Universidade Federal de Alagoas

Núcleo Ambiental do SENAI (Blumenau)

Departamento de Botânica (UFSC)

Secretaria do Meio Ambiente (Bahia)

Embrapa (Cerrados)

Furnas Centrais Elétricas S. A.

Universidade Federal do Paraná

Universidade Federal de Tocantins

Departamento de Ecologia e Zoologia

Instituto Ambiental do Paraná (IAP)

Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA)
